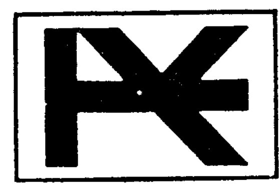
Immanuel Kant: Principios metafísicos de la ciencia de la naturaleza

Introducción de Carlos Másmela

El Libro de Bolsillo
Alianza Editorial
Madrid



Título original: *Metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaft*
(Akademie - Textausgabe, Bd. IV, S. 467-565).
Traductor: Carlos Másmela

Calle Milán, 38, 28043 Madrid; teléf.200 00 45
ISBN: 84-206-0394-5
Depósito legal: M. 8.483-1989
Papel fabricado por Sniace, S. A.
Compuesto en Fernández Ciudad, S. L.
Impreso en Lavel. Los Llanos, nave 6. Humanes (Madrid)
Printed in Spain

Advertencia del traductor

El catedrático español Eduardo Ovejero y Maury tradujo del alemán la primera obra escrita por Kant: *Ideas sobre la verdadera apreciación de las fuerzas vivas* (1746). Curiosamente, Ovejero y Maury intituló esta obra «Principios metafísicos de las ciencias naturales» (Ed. Reus, Madrid, 1921), título que corresponde, en realidad, a los *Metaphysischen Anfangsgründe der Naturwissenschaft* de 1786. Este grave equívoco ha sido, quizá, un motivo para creer en la existencia de una traducción al español de este importante escrito de Kant.

Introducción

Los *Principios metafísicos de la ciencia de la naturaleza* (PM) aparecieron en 1786. Se sabe, sin embargo, por la correspondencia de Kant con Johan H. Lambert, que el plan de esta obra fue anterior al de la *Crítica de la razón pura* (CRP). No sucedió lo mismo con su ejecución, pues ésta dependía fundamentalmente de la CRP, en la medida en que allí se presentaba la legitimación de las pretensiones del conocimiento del objeto a partir de los alcances y límites de la razón.

No casualmente los PM se localizan ya en el proyecto del sistema metafísico que Kant expone en la sección sobre la Arquitectónica de la razón pura (CRP, B860-879) como una «fisiología inmanente de los objetos del sentido externo» (B874), la cual corresponde en el prefacio de los PM a una «metafísica real de la naturaleza corpórea» (p. 33). Pero Kant da aquí un paso más, por cuanto determina esta metafísica particular de la naturaleza como una *aplicación* de los «principios trascendentales», fijados en la *Crítica,* al género de los objetos del sentido externo, es decir, a la materia. Por principios

trascendentales se entiende el sistema de las determinaciones *a priori* del entendimiento, presente en general en la Analítica trascendental y, específicamente, en la Deducción trascendental, el Esquematismo y los Principios sintéticos del entendimiento puro. No deja de ser paradójico, sin embargo, que Kant caracterice la aplicación de estos principios trascendentales como ciencia pura de la naturaleza, aunque en su desarrollo parte de un concepto empírico, a saber, del concepto de materia (prefacio, p. 30).

Por esta razón, aunque es innegable la íntima correspondencia entre la CRP y los PM, es igualmente problemático saber en qué radica esta correspondencia y cómo se lleva a cabo. No obstante, en ambos textos se encuentran pasajes que en este sentido proporcionan una indicación importante. En el prefacio a los PM anota Kant, por ejemplo: «Es, en efecto, muy curioso que la metafísica general, en todos los casos en que requiera de ejemplos (intuiciones) para procurar un significado de los conceptos puros del entendimiento, tenga que tomarlos siempre de la teoría general de los cuerpos, por tanto, de la forma y principios de la intuición externa; y cuando estos ejemplos no se encuentran acabados, ella anda a tientas, inestable y vacilante entre un montón de conceptos desprovistos de sentido» (p. 37). De manera semejante se pronuncia Kant en la *Observación general al sistema de los principios,* la cual es justamente una adición a la segunda versión de la *Crítica:* «Es algo muy notable que la sola categoría no pueda hacernos comprender la posibilidad de ninguna cosa, y que siempre tengamos necesidad de una intuición para descubrir la realidad objetiva del concepto puro del entendimiento» (B288). «Pero es todavía más notable que para comprender la posibilidad de las cosas por las categorías, y por consiguiente, para probar la realidad objetiva de estas últimas, tengamos siempre necesidad no sólo de intuiciones, sino también de *intuiciones externas*» (B291). Es claro el parentesco entre estos dos textos, incluso por la elección de ciertos términos. Sin embargo, es de mayor importancia

observar que, según el primer pasaje, la prueba de la realidad objetiva de las categorías, cuya fundamentación se logra en virtud de *la posibilidad de la experiencia,* sólo se establece en conexión con la forma y principios de la intuición externa. Andar a tientas, errante y vacilante es el destino de la metafísica general, hasta tanto no se exponga completamente la teoría general de la naturaleza corpórea. Así como la matemática, señala Kant en el prefacio a la segunda versión de la CRP, depende de las formas puras de la intuición, la física de percepciones empíricas, cuya dabilidad debe garantizarse previamente para poder experimentar algo, así también la razón pura tiene que remitirse con sus principios a la naturaleza y emprender así lo que la razón misma busca en ella de acuerdo a lo que de ella debe aprender, pero que por sí sola no podría saber (B XIV). Es, por tanto, necesario determinar no sólo lo que la razón puede lograr por sí misma, sino también «dónde su capacidad comienza a tener necesidad de recurrir a los principios de la experiencia» (PM, prefacio, p. 30). Aquello que escapa al saber mismo de la razón, lo expone Kant en los PM, y no es en último término otra cosa que la diferencia específica de las materias, la cual no puede producirse ni darse *a priori.* Por este motivo, la metafísica corpórea resulta, más que útil, indispensable para la metafísica general.

La conexión entre la CRP y los PM encierra por lo visto un doble aspecto, pues, por un lado, éstos se apoyan en el despliegue que la *Crítica* hace de una actividad previa de lo que puede devenir de un modo posible objeto para la razón, pero, por el otro, Kant los piensa al mismo tiempo como una aplicación en la que se instalan ciertos rasgos específicos, en virtud de los cuales es posible saber realmente hasta dónde puede ejecutarse el conocimiento humano, es decir, hasta dónde es posible establecer una diferencia específica. No es fácil comprender, sin embargo, que lo que debe ser deducido por medio de una aplicación de los principios trascendentales proporcione justamente la condición para la comprensión de estos principios.

No sólo es importante tener siempre presente la íntima conexión entre la *Crítica* y los *Principios metafísicos de la ciencia de la naturaleza,* sino también la relación de esta obra con los *Principios matemáticos de la naturaleza* de Newton. Si examinamos los estudios precríticos de Kant observamos fácilmente que él orientó inicialmente su pensamiento a las investigaciones científicas y a la búsqueda de explicaciones satisfactorias de fenómenos ya conocidos. Esta búsqueda refleja su admiración por Newton y su mecánica. La base física dada por Newton a la nueva cosmología copernicana marcó su interés por la ciencia. La mecánica newtoniana fue, por mucho tiempo para él, el prototipo no sólo de una teoría científica, sino también de varias perspectivas metódicas. En efecto, según Kant, la filosofía debía apoyarse en el método introducido por Newton en la ciencia de la naturaleza. Es innegable su adhesión inicial a Newton, aunque en el fondo no procede de argumentos físicos, sino filosóficos, pues en la ciencia que Kant pensó, antes que descubrir nuevos hechos, intenta dar una explicación correcta a hechos ya establecidos.

Pero su cercanía a Newton y admiración por él le impidió ver inicialmente las debilidades del método newtoniano. Solamente a partir de la CRP como una fundamentación metafísica, logra Kant una clara posición frente a Newton, quien en su obra maestra, *Philosophiae naturalis principia mathematica,* había anunciado ya su propio punto de vista. Cabría preguntar, sin embargo, si en realidad los principios matemáticos son los verdaderos principios de la ciencia de la naturaleza, si la matemática tiene el derecho de elegir lo verdadero en su aplicación a los fenómenos de la naturaleza corpórea, y si la matemática está en condiciones de fijar de tal modo los fenómenos, que determine lo que aparece con ayuda, por ejemplo, de los conceptos de espacio absoluto y movimiento absoluto. La posición kantiana frente a la fundamentalidad matemática de Newton se evidencia claramente en el concepto de espacio.

La concepción newtoniana de espacio absoluto procede del neoplatonismo de Henry More y de su polémica con Descartes, en la que también Newton interviene directamente. De manera similar a la concepción de su maestro, él considera el espacio absoluto como un *sensorium* de Dios. De acuerdo con la introducción a los *Principia,* este espacio «permanece, a causa de la naturaleza y sin relación con nada externo, siempre similar e inmóvil». A diferencia del espacio relativo, él es verdadero y matemático. Pero ni con estas propiedades del espacio absoluto, ni tampoco con los experimentos de los que se vale Newton para probar su existencia, era posible encontrar una realización conceptual que fundamentara teóricamente la inevitabilidad de dicho concepto. Por esta razón, era necesario introducir conceptos que permitieran pensar el carácter absoluto del espacio. Y el concepto mediante el cual Kant intenta establecerlo, es el concepto de una forma de la intuición. El espacio como forma pura de la intuición es para Kant un modo en que se ordenan no conceptualmente ciertas relaciones que se encuentran en la multiplicidad del sentido externo. Por eso el espacio no puede ser ya un *sensorium* de Dios, sino un *sensorium* del hombre, una forma humana de la intuición. Con el espacio interpretado de esta manera introduce Kant un nuevo concepto que la filosofía hasta él ni siquiera podía imaginar. Pero, además, con la creación de este concepto, toma posición Kant frente a las tres interpretaciones modernas fundamentales en la teoría del espacio: las de Newton, Locke y Leibniz.

No es de extrañar entonces que Kant hubiera escrito y publicado —con un interés polémico— los PM exactamente cien años después de los *Principia* de Newton (1686). El título mismo de la obra kantiana encierra ya una diferencia fundamental con el texto newtoniano, pues, si bien la matemática es un constituyente necesario para la ciencia de la naturaleza, no produce conceptos, sino que sólo puede construirlos en la medida en que le sean dados. Además, «los conceptos matemáticos no son conocimientos por sí mismos; a no ser que se suponga

que hay cosas que solamente pueden presentársenos según la forma de esta intuición sensible» (CRP, B147). Cuando el filósofo de la naturaleza se ocupa de construcciones matemáticas, eso sólo sucede de acuerdo con conceptos y principios proporcionados por la metafísica. A la ciencia de la naturaleza tienen que anticiparse los «principios de la *construcción* de conceptos que pertenecen en general a la posibilidad de la materia» (prefacio, p. 33). Pero la metafísica, que se ocupa de los principios de la construcción, construye igualmente sus conceptos, aunque no como la matemática, sino más bien en cuanto los produce. «Por tal motivo he considerado necesario, en lo concerniente a la parte pura de la ciencia de la naturaleza (*Physica generalis*), donde las construcciones metafísicas y matemáticas suelen entremezclarse mutuamente, presentar en un sistema las construcciones metafísicas y, con ellas, al mismo tiempo, los principios de la construcción de estos conceptos metafísicos, y, por tanto, los principios de la posibilidad de una teoría matemática de la naturaleza misma» (*ibid.*, pp. 34-35). Por esta razón los *Philosophiae naturalis principia mathematica* presuponen siempre los *Philosophiae naturalis principia metaphysica.*

Difícilmente podría comprenderse el gran aprecio de Kant por Newton sin una oposición radical frente a su fundamentalidad matemática. La polémica entre metafísica y matemática, presente ya en el título de los PM, se manifiesta claramente en el prefacio a esta obra. Así, en su primera nota abre esta discusión cuando caracteriza el concepto de «esencia» en virtud de la «posibilidad» y en conexión con la matemática, diferenciándolo del concepto de «naturaleza»: «la esencia es el primer principio interno de todo aquello que pertenece a la *posibilidad* de una cosa». En el último pasaje alude expresamente a la metafísica como presupuesto de la matemática: «Este poco es, sin embargo, algo que la matemática misma necesita indispensablemente para la aplicación a la ciencia de la naturaleza; y como la matemática tiene que hacer necesariamente préstamos de la metafísica, no se debe avergonzar de ser vista en su compañía.» En un pasaje central

del mismo prefacio acentúa Kant esta necesidad: «Todos los filósofos de la naturaleza que han querido proceder matemáticamente en sus trabajos, han hecho siempre uso (aunque inconscientemente) de principios metafísicos y han tenido que servirse de ellos aun cuando protesten solemnemente contra toda pretensión de la metafísica sobre su ciencia» (p. 33).

Si en sus tempranas reflexiones sobre la ciencia Kant tuvo necesidad de remitirse a la física newtoniana, si es cierto también que propuso un método para la filosofía de acuerdo con lo desarrollado por Newton en la física, y si en verdad llegó a ser un exponente de la legitimación filosófica de la física clásica, no es menos cierto —por lo observado anteriormente— que al hacer depender la filosofía kantiana, en su legitimidad y método, de la física newtoniana, el así llamado «Kant newtoniano» —atribuido a los neokantianos— se convierte en un obstáculo para la comprensión de su pensamiento, pues no sólo se lo pretende incorporar completamente a la esfera de la física clásica, sino someterlo incluso a los cánones de la ciencia positiva y de la «razón científica». Las reflexiones de Kant, expuestas en el prefacio a los PM, muestran, sin embargo, que su pensamiento crítico no puede ser asumido por la física, ni someterse al concepto de experiencia científica, en el sentido concreto de la física matemática.

El final del prefacio a los PM ha dado lugar en la actualidad a interpretaciones, entre ellas la neokantiana de Burkhard Tuschling [1], según las cuales Kant no logra una posición crítica frente a los *Principia* de Newton en dicha obra, y se limita simplemente a mediar entre la metafísica y la mecánica newtoniana. Se afirma, por ejemplo, que el «metateórico de la física newtoniana» (Tuschling, p. 175) ha tomado de la física de Newton la posición fundamental foronómica de la ciencia de la naturaleza. Se cree ver en el texto, a continuación, la clave para aseverar un proceder sin crítica e incluso una inconsecuencia

[1] Kant, «Metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaft» und das Opus postumum, en Gerold Prauss (Hrsg.), *Zur Deutung seiner Theorie,* Köln (1973, pp. 175-195).

en sus planteamientos: «En este tratado he seguido el *método matemático* [subrayado mío], si bien no con todo rigor, al menos *imitativamente*» [s. m.] (prefacio, p. 38). Esta «imitación (*Nachahmung*) del método matemático» es, según se dice, un claro ejemplo de la contradicción de la metafísica crítica de Kant y de su fracasado intento de abandonar el método propuesto por Newton. Es así como estas interpretaciones desconocen y desvirtúan el propósito central de Kant en los PM, pues en lugar de considerar el texto en cuestión conforme a la idea que lo rige, lo toman aisladamente, pretendiendo encontrar así el rasgo fundamental que domina toda la obra. A propósito de estas interpretaciones cabe mencionar una reflexión de Kant: «El enjuiciamiento debe comenzar desde la totalidad y dirigirse a la idea de la obra y a su fundamento. El resto pertenece a la exposición, y allí hay mucho equívoco y mejoramientos posibles» (Ed. Acad., t. XVIII, Refl. 5025).

Tema de la naturaleza corpórea es el concepto *empírico* de materia. Con frecuencia se interpreta este concepto central de los PM como si procediera de representaciones empíricas y recibiera de los actos lógicos del entendimiento, comparación, reflexión y abstracción, la forma de su generalidad. Este supuesto choca, sin embargo, contra el modo como Kant expone el concepto de materia en los PM. Ciertamente, la realidad objetiva de este concepto, a diferencia de los predicamentos, sólo puede garantizarse a través de la experiencia. Pero, conforme a su contenido, él tiene que determinarse *a priori* como objeto del sentido externo. «Si debo explicar el concepto de materia, no por un predicado que le corresponda como objeto, sino solamente por su relación con la facultad cognoscitiva..., entonces la materia es un *objeto del sentido externo,* y ésta sería la simple explicación metafísica de la misma» (Foronomía, observación 2). La materia debe considerarse en primer término a partir de las condiciones que la hacen posible como tal. Pero a la determinación de la materia, de acuerdo con las condiciones bajo las que algo puede ser un objeto de la experiencia,

pertenecen igualmente las determinaciones que son probadas en la metafísica general para un objeto en general. Estas son las categorías. «Bajo las cuatro clases de los conceptos puros del entendimiento, cantidad, cualidad, relación y modalidad, deben poder entrar también todas las determinaciones del concepto de materia en general, o sea, todo lo que pueda pensarse de ella *a priori*, representarse en la construcción matemática o darse en la experiencia como objeto determinado» (prefacio, p. 36). Ahora bien, además de la sujeción de la materia como objeto del sentido externo a las categorías, es necesario pensar aún una nueva determinación que se añade a cada una de ellas. Y la determinación fundamental de *Algo* que debe ser un objeto del sentido externo tendría que ser el movimiento (*ibid.*). En los PM no se trata simplemente entonces de movimiento y materia o del movimiento como algo dependiente de la materia, sino de la materia en tanto tiene que pensarse mediante el movimiento, es decir: a la materia pertenece necesariamente la determinación de la movilidad.

Esta necesidad no hay que buscarla, empero, en el hecho de que la ciencia entienda la materia como movimiento, sino en la procedencia de un conocimiento *a priori*, porque el enlace de la materia como objeto del sentido externo con su característica fundamental, el movimiento, no puede justificarse mediante ninguna experiencia. Es preciso preguntar, por tanto, de acuerdo con la constitución *a priori* de la naturaleza, cómo puede determinarse la materia *a priori* a partir de su carácter de movilidad. Además, si Kant define la materia como «lo movible en el espacio» (Foronomía, enunciado 1), hay que preguntar aún cómo puede haber movimiento *a priori* de lo movible en el espacio.

La Foronomía no sólo es el primer capítulo de los PM, sino igualmente la base en la que descansa toda la obra, pues en ella introduce Kant la esencia de la movilidad. «En la Foronomía, puesto que la materia no conoce otra propiedad que su movilidad, el movimiento sólo puede considerarse como *descripción de un espacio*» (enuncia-

do 5, observación). Este texto debe interpretarse en relación con una nota, añadida no casualmente por Kant en la segunda versión de la Deducción trascendental. En la importante nota del parágrafo 24 él hace alusión al mismo movimiento, caracterizándolo ahora como «un acto puro de la síntesis sucesiva de la intuición externa en general». Kant habla de dos conceptos diferentes de movimiento, por decirlo así, extremos, y, sin embargo, hay que aprender a ver en ellos una relación de fundamentación, según la cual, la constitución o bien construcción del concepto empírico de movimiento, sólo puede fundamentarse a partir del movimiento como acción del sujeto, pues esta movilidad atestigua la exterioridad de lo movible en el espacio empírico.

En el prefacio (p. 36) presenta Kant un sucinto bosquejo de lo expuesto en los cuatro capítulos de los PM.

Estos capítulos corresponden a los cuatro títulos de las categorías: 1) Foronomía: movimiento como *magnitud*. 2) Dinámica: fuerza motriz como *cualidad* de la materia. 3) Mecánica: materia con miras a las *relaciones* en el movimiento. 4) Fenomenología: *modos* del movimiento referidos a las clases de representación. El cuarto capítulo, la Fenomenología, trata de la relación de los tres capítulos precedentes con la facultad cognoscitiva, conforme a las tres categorías de la modalidad. Según esto, el capítulo correspondiente a la cantidad, la Foronomía, se encuentra bajo la modalidad de la posibilidad.

En la Foronomía, la materia no es otra que lo movible en el espacio. La materia se reduce a un punto y por esta razón ella sólo trata de la movilidad y de lo que en ésta puede considerarse como magnitud (velocidad y dirección). La Foronomía «es una doctrina de las magnitudes puras del movimiento» (teorema, observación 3). El concepto de magnitud contiene siempre el de la composición de lo homogéneo. En este sentido, la Foronomía considera toda determinación del movimiento en relación con otros. Por tal motivo, toda aplicación del concepto de magnitud al movimiento depende de la composición del movimiento, es decir, de su construcción. «Construir

el concepto de un *movimiento compuesto* significa presentar *a priori* un movimiento en la intuición, en tanto surge de la reunión de dos o varios movimientos dados» (definición 4). De esta manera fija Kant el enraizamiento de la posibilidad de aplicar la matemática a los objetos de la naturaleza, es decir, la posibilidad de interpretar la naturaleza misma, por cuanto determina el modo como pueden disponerse los conceptos *a priori* para la «aplicación a la experiencia externa». Y puesto que la doctrina de la naturaleza sólo contiene tanta ciencia en sentido estricto como matemática pueda serle aplicada, y Kant funda justamente esta aplicabilidad conforme a principios de la construcción de conceptos, la constitución del movimiento exige, de acuerdo con su composición, una fundamentación metafísica, en la medida en que puede construirse como reunido a partir de varios movimientos homogéneos.

En el segundo capítulo, la Dinámica, deduce Kant la materia en correspondencia con la cualidad, como el ser cualitativo determinado en el espacio. Esta deducción debe suceder *a priori* y la cualidad *a priori* sólo se comprende como magnitud intensiva. Al comienzo de este capítulo fija Kant el presupuesto: «La Materia es lo movible en el espacio en tanto lo movible llena un espacio.» El espacio lleno supone necesariamente dos clases de fuerzas: *repulsión* y *atracción*. Para producir un cierto grado de espacio lleno, la materia tiene que hacer corresponder los tres tipos de la categoría de la cualidad: realidad, negación y limitación, con un producto (limitación) a partir de la repulsión (realidad) y la atracción (negación), ya que por sí solas ellas perderían su propio carácter de fuerzas dinámicas *originarias*. Por consiguiente, sólo mediante la unión y confrontación de estas dos fuerzas, puede presentarse una limitación de la una en virtud de la otra y, con ello, un espacio lleno en un determinado grado.

Al final de cada capítulo escribe Kant una observación general. La correspondiente a la Dinámica tiene una particular importancia porque en ella el problema central

gira en torno a la pregunta: ¿hasta dónde es posible anticipar *a priori* las cualidades de la materia, es decir, las fuerzas originarias? Al respecto anota Kant: «En lugar de una explicación suficiente de la posibilidad de la materia y de su diferencia específica, a partir de estas fuerzas fundamentales que no me es posible ejecutar aquí, quiero presentar completamente, así lo espero, los momentos a los que debe traerse *a priori* toda su diferencia específica (aunque no se comprenda así según su posibilidad)» (p. 14:09).

Qué se entiende por diferencia específica y hasta dónde es posible establecerla *a priori*, son preguntas que deben tenerse presente en la exposición kantiana de la metafísica de los objetos del sentido externo como PM, para lograr comprender, entre otras cosas, en qué sentido, en su realización como aplicación, escapa al dominio de lo que la razón puede lograr por sí misma.

Para Kant, la ciencia propiamente dicha de la naturaleza se funda en un conocimiento *a priori*. Conocer algo *a priori* es conocerlo según su posibilidad (prefacio, página 31).

En este sentido, la ciencia de la naturaleza no da cuenta de lo concreto en la naturaleza, tampoco de lo simplemente experimentado y calculado en ella, sino de la naturaleza de las cosas, a las que necesariamente pertenece una existencia (prefacio, p. 27). Por eso la ciencia propiamente dicha de la naturaleza requiere de una parte pura, la cual debe delimitarse hasta donde sea posible, para «poder determinar exactamente lo que la razón puede lograr por sí misma y el punto donde su capacidad comienza a tener necesidad de recurrir a los principios de la experiencia». Es necesario preguntar entonces tanto por la determinación de los límites de esta parte pura como también, por aquello que, aun cuando escapa al poder de la razón, es algo a lo que ella tiene que dirigirse al mismo tiempo con sus principios. Y los PM representan justamente esa región, por cuyos senderos la razón tiene que ponerse en camino para evitar que su dominio (la metafísica) se suma en las tinieblas, andando errante

y a tientas. Los senderos de la naturaleza (los PM) señalan lo que está más allá de sus dominios, a saber, la diferencia específica de las materias que se resiste a cualquier determinación *a priori*; es decir, lo que la razón tiene que aprender de la naturaleza debe buscarlo en la diferencia específica de las fuerzas fundamentales de la materia.

A diferencia de la Foronomía, que considera la materia como lo movible en cuanto tal y busca determinarla *a priori* por medio de la categoría de la cantidad, y de la Dinámica, que expone el movimiento como cualidad y fundamento del espacio lleno (materia), el cual se representa por la determinación del límite de dos fuerzas fundamentales (atracción y repulsión), en la Mecánica, que corresponde a la relación y se encuentra bajo la modalidad de la necesidad, se considera el objeto dado por el fenómeno del movimiento en su aspecto cualitativo, con miras a los diferentes estados del movimiento, en los que lo movido puede ser comparado entre sí. Con base en las Analogías de la experiencia, las leyes fundamentales de la Mecánica corresponden a los diferentes modos de ordenar los fenómenos en el tiempo. Estos modos son: «la *permanencia,* la *sucesión* y la *simultaneidad*» (CRP, A177, B219).

La primera ley concierne a la Analogía de la sustancia: «En todos los cambios de la naturaleza corpórea la cantidad de materia permanece la misma en el todo, sin aumento ni disminución.» La prueba de esta ley corresponde a la estructura general de la metafísica —en este caso a la primera Analogía de la experiencia— en conexión con el objeto de la metafísica corpórea —el movimiento como determinación fundamental de la materia—, en tanto se muestra qué debe ser «la sustancia en la materia» o, más exactamente, cómo entra en juego la permanencia y la inalterabilidad en la materia caracterizada por el movimiento. No se trata aquí naturalmente de que la sustancia sea algo percibido, sino, por el contrario, algo que puede pensarse *a priori* para que la materia pueda ser percibida.

En la segunda versión de la *Crítica* presenta Kant esta ley como sigue: «La sustancia permanece en todo cambio de los fenómenos y su cantidad ni aumenta ni disminuye en la naturaleza» (B224). Este texto evidencia una vez más los cambios de la segunda edición de la *Crítica,* en relación con la primera, ocasionados por la influencia de los PM. Es fácil observar, por ejemplo, que la formulación de la primera Analogía de la segunda versión no sólo caracteriza la sustancia como lo permanente, sino también el *quantum* de la misma. En la Mecánica introduce Kant justamente el *quantum* de materia como la presentación legítima de la sustancia en la ciencia de la naturaleza.

La segunda ley es la de la inercia y está relacionada con el principio de causalidad, en el sentido de que todo «cambio de la materia» tiene una «causa externa». Si ponemos esta proposición en función del comportamiento de la materia con respecto a sus estados de movimiento, obtenemos la ley de la inercia: «Todo cuerpo persevera en su estado de reposo o de movimiento en la misma dirección y con la misma velocidad, a no ser que una causa externa obligue a abandonar este estado» (teorema 3).

La tercera ley es la ley de la igualdad de acción y reacción y pertenece a la categoría de la comunidad (acción recíproca). La participación de movimiento entre sustancias se realiza según la ley de la acción recíproca: acción igual reacción. El estado de movimiento de algo movido no hay que entenderlo simplemente como la acción unida a él en este movimiento; antes bien, en cuanto visto desde el otro, presenta al contrario la misma relación. A partir de la relatividad de toda determinación del movimiento, lo movido ejerce igualmente una reacción sobre aquello cuya acción se pensó primero. Esta acción expresa, por tanto, el tercer momento fundamental de toda conexión de una referencia originaria a los objetos de la naturaleza, negándose con ello un punto de referencia absoluto en el que toda conexión pueda determinarse absolutamente.

Los diferentes conceptos construidos por Kant en los PM no sólo representan una completa transformación en la reflexión sobre los fundamentos de la ciencia de la naturaleza, sino también en el pensamiento moderno, y por eso en el fondo significan algo fundamentalmente diferente. Esta diferencia está enraizada en el nuevo modo de pensar de Kant, en la medida en que no solamente descubre nuevas soluciones para antiguos problemas, sino también nuevos problemas que hasta ese entonces no habían podido ser pensados. La diferencia específica, por ejemplo, a la que Kant hace alusión en los PM, no se comprende en su simple desarrollo ni por una ampliación de la experiencia, sino por la instauración de su propio pensamiento, orientada en dirección a la producción conceptual y a la creación de un nuevo método en la filosofía.

Los conceptos «empíricos» expuestos por Kant en los PM no pueden ser demostrados por ninguna experiencia. El muestra, por ejemplo, que la percepción no puede garantizar nunca un objeto que sea adecuado para toda naturaleza, de tal modo que este objeto pudiera llamarse principio de la naturaleza. Ellos corresponden, por el contrario, a conceptos que tienen que producirse. La ley de la producción es prescrita de acuerdo con los principios puros del entendimiento y para el contenido empírico de los conceptos. «Como la palabra *naturaleza* lleva ya consigo el concepto de ley y éste, por su lado, el de *necesidad* de todas las determinaciones de una cosa, que pertenecen a su existencia, se ve fácilmente por qué razón la ciencia de la naturaleza tendría que derivar la legitimidad de esta denominación, únicamente de su parte pura y, además, por qué ella no es propiamente ciencia más que en virtud de esta parte» (prefacio, p. 29).

Kant pregunta por la naturaleza de las cosas. El saber acerca de la naturaleza de las cosas es asunto de la metafísica. La palabra naturaleza menciona aquí el primer principio interno de lo que pertenece necesariamente a una cosa. Que las cosas tengan una naturaleza significa que es propio de ellas un principio desde el cual se deriva

la diversidad perteneciente a su existencia. Por esta razón la palabra naturaleza no nombra simplemente el principio, sino también la aprehensión de la cosa que, fundamentándose en ella, pueda ser-ahí, es decir, mostrarse. La naturaleza de una cosa es entonces el principio de su existencia. Como principio de la consistencia del objeto, ella es, por tanto, una condición y como condición del objeto, lo más temprano, es decir, lo que precede al objeto. Esto es, por qué tiene que conocerse el objeto antes de toda experiencia, o sea, conforme a un principio desde donde se determine su posibilidad, su existencia y su necesidad.

Según esto, si la metafísica es el saber sobre la naturaleza de las cosas, una interpretación sobre los PM tiene que atender al preguntar: ¿hasta dónde dicha metafísica puede determinar también las diferentes naturalezas que subyacen como el primer principio interno de las diferentes clases de cosas? ¿Es realmente posible que el conocimiento de estas cosas específicas pueda legitimarse por un conocimiento *a priori*? ¿O escapa a la metafísica y su posibilidad depende de la experiencia? De ser esto así, ¿es su determinación un asunto de las ciencias particulares? ¿Hay, además, un límite viable en el que termine la construcción apriorística de la parte trascendental de la metafísica y comience con ello el único proyecto de las ciencias, determinado por la experiencia? Y si es posible trazar dicho límite, ¿cómo podría determinarse?

Urge hoy este preguntar tanto para las ciencias como para la filosofía. Y en este urgir hay un llamado a Kant, pero no en el sentido de querer revivirlo de acuerdo con los cánones de la ciencia positiva y de la «razón científica», como lo pretende el neokantianismo. Tampoco conforme a las pretensiones de Körner, quien propone una revisión a fondo de la CRP a partir del hecho de que los presupuestos de la física newtoniana no son más los de la física relativista [2]. Antes bien, es necesario este llamado a Kant, por cuanto, como primer filósofo de la cien-

[2] Stephan Körner, *Kant,* Göttingen, 1967, pp. 70 y s.

cia, proporciona propuestas en dirección a la pregunta que interroga si las ciencias tienen que aprender a comprenderse en su ser múltiple a partir de la *unidad* propia de la disposición activa del conocer y las determinaciones del conocimiento.

CARLOS MÁSMELA

Prefacio

Si se toma la palabra «naturaleza» simplemente en sentido *formal*, ella significa el primer principio interno de todo aquello que pertenece a la existencia de una cosa [1]; puede haber así tantas ciencias de la naturaleza cuantas cosas haya que sean específicamente diferentes, y cada una de ellas debe contener su principio interno, propio de las determinaciones pertenecientes a su existencia. Además, se considera también la «naturaleza» en sentido *material*, pero no como una manera de ser, sino como el compendio de todas las cosas, en tanto puedan ser *objetos de nuestros sentidos* y, por ende, también objetos de la experiencia. Así, su significado comprende igualmente la totalidad de todos los fenómenos, es decir, el mundo de los sentidos, con exclusión de todos los objetos no sensibles. La naturaleza, tomada en este significado de la

1 La esencia es el primer principio interno de todo aquello que pertenece a la posibilidad de una cosa. Por tanto, a las figuras geométricas (puesto que en su concepto no se piensa nada que exprese una existencia) sólo puede atribuirse una esencia, mas no una naturaleza.

palabra, tiene dos partes principales de acuerdo con la diferencia capital de nuestros sentidos: la una contiene los objetos del sentido *externo,* y la otra, el objeto del sentido *interno*; en consecuencia, es posible una doble doctrina de la naturaleza: *la doctrina de los cuerpos* y la *doctrina del alma*; la primera considera la naturaleza *extensa,* y la segunda, la naturaleza *pensante.*

Toda doctrina, en caso que deba ser un *sistema,* es decir, un todo del conocimiento ordenado según principios, se llama ciencia; y como éstos pueden ser principios de un nexus *empírico* o *racional* de conocimientos en un todo, la ciencia de la naturaleza tendría que ser dividida también, ya sea como doctrina de los cuerpos o como doctrina del alma, en ciencia *histórica* y en ciencia *racional* de la naturaleza; si entre tanto la palabra «naturaleza» (puesto que ella señala la derivación de la diversidad perteneciente a la existencia de las cosas a partir de su *principio* interno) no necesitara un conocimiento racional de la conexión de cosas, este conocimiento no podría merecer de ninguna manera el nombre de ciencia de la naturaleza. Por eso es mejor dividir la doctrina de la naturaleza en *doctrina histórica de la naturaleza,* la cual sólo contiene hechos sistemáticamente ordenados de las cosas de la naturaleza (y que consta a su vez de una *descripción de la naturaleza,* como un sistema de clases de estos hechos ordenados según analogías, y de una *historia de la naturaleza* como una exposición sistemática de los mismos en diferentes tiempos y lugares) y en ciencia de la naturaleza. Ahora bien, la ciencia de la naturaleza sería llamada *propia* o *impropiamente* ciencia de la naturaleza; la primera trata su objeto completamente de acuerdo con principios *a priori,* y la segunda según leyes de la experiencia.

Sólo puede llamarse ciencia *propiamente dicha* aquella cuya certidumbre es *apodíctica.* Un conocimiento que no puede ofrecer más que una certidumbre empírica, sólo se denomina impropiamente *saber.* El todo del conocimiento que es sistemático, puede ser llamado ya, por esta razón, *ciencia* e incluso *ciencia racional,* siempre que la

conexión del conocimiento en este sistema sea un encadenamiento de principios y consecuencias. Pero si estos principios son, por último, simplemente empíricos, como por ejemplo en la química, y si las leyes, desde las cuales la razón explica los hechos dados, no son más que leyes de la experiencia, entonces no llevan consigo ninguna conciencia de su *necesidad* (y no son ciertos apodícticamente), y el todo, en sentido estricto, no merece el nombre de ciencia. Por consiguiente, la química debería llamarse arte sistemático en lugar de ciencia.

Una doctrina racional de la naturaleza sólo merece entonces el nombre de ciencia de la naturaleza, cuando las leyes de la naturaleza que les sirve de base son conocidas *a priori,* y no son simples leyes de la experiencia. Un conocimiento de la naturaleza de la primera clase se llama *puro,* pero el de la segunda, conocimiento *aplicado* de la razón. Como la palabra *naturaleza* lleva ya consigo el concepto de ley y éste, por su lado, el de *necesidad* de todas las determinaciones de una cosa, que pertenecen a su existencia, se ve fácilmente por qué razón la ciencia de la naturaleza tendría que derivar la legitimidad de esta denominación, únicamente de su parte pura, la cual contiene, a propósito, los principios *a priori* de todas las otras explicaciones de la naturaleza, y, además, por qué ella no es propiamente ciencia más que en virtud de esta parte. Y así, la doctrina de la naturaleza debe encaminarse en última instancia, conforme a las exigencias de la razón, hacia la ciencia de la naturaleza y terminar allí, ya que esta necesidad de las leyes es inseparable del concepto de naturaleza y tendría, por esta razón, que ser comprendida completamente. Por eso, la explicación más completa de ciertos fenómenos a partir de principios de la química no satisface plenamente, pues, como leyes contingentes que se aprenden de la simple experiencia, no pueden aducirse razones *a priori.*

Toda ciencia de la naturaleza *propiamente dicha* requiere entonces de una parte pura, en la que pueda fundarse la certidumbre apodíctica que la razón busca en ella. Y puesto que esta parte difiere totalmente, según sus

principios, de aquella cuyos principios son sólo empíricos, es de gran utilidad y, al mismo tiempo, según la naturaleza de la cosa, un deber imprescindible con respecto al método, exponer esta parte en su completa totalidad separadamente de la otra, tanto como sea posible, con el fin de poder determinar exactamente lo que la razón puede lograr por sí misma y el punto donde su capacidad comienza a tener necesidad de recurrir a los principios de la experiencia. El puro conocimiento racional a partir de simples *conceptos* se llama filosofía pura o metafísica; por el contrario, aquel que sólo funda su conocimiento en la *construcción* de conceptos por medio de la presentación del objeto en una intuición *a priori,* se denomina matemática.

La así llamada ciencia de la naturaleza en sentido propio presupone una metafísica de la naturaleza, pues las leyes, es decir, los principios de necesidad de lo que pertenece a la *existencia* de una cosa, se ocupan de un concepto que no admite construcción, porque la existencia no puede presentarse en ninguna intuición *a priori.* Por tal razón la ciencia de la naturaleza propiamente dicha presupone la metafísica de la naturaleza. Esta debe, en realidad, contener siempre principios superiores que no sean empíricos (por eso lleva el nombre de metafísica). Pero ella misma puede tratar, aun sin referencia a un objeto determinado de la experiencia, esto es, indeterminado con respecto a la naturaleza de alguna cosa del mundo sensible, de leyes que hagan posible el concepto de una naturaleza en general; ésta es entonces la *parte trascendental* de la metafísica de la naturaleza; u ocuparse de la naturaleza particular de esta o aquella clase de cosas de las cuales se da un concepto empírico, aunque sin emplear, fuera de lo que se halla en este concepto, ningún otro principio empírico para el conocimiento de estas cosas (por ejemplo, ella toma por base el concepto empírico de una materia o de una esencia pensante y busca el dominio del conocimiento, en el que la razón ejerce poder *a priori,* sobre estos objetos); por eso, dicha ciencia debe llamarse siempre metafísica de la naturaleza, a saber, de

la naturaleza corpórea o de la pensante; sin embargo, en este caso no se trata de una ciencia de la naturaleza metafísica general, sino, por el contrario, de una particular (física y psicología), en la cual se aplican los principios trascendentales ya mencionados, a los dos géneros de los objetos de nuestros sentidos.

Pero yo sostengo que en toda teoría particular de la naturaleza sólo puede haber tanta ciencia *propiamente dicha* como matemática se encuentre en ella. Porque según lo que precede, una ciencia propiamente dicha, sobre todo la ciencia de la naturaleza, requiere de una parte pura que sirva de base a la parte empírica, y que repose en el conocimiento *a priori* de las cosas de la naturaleza. Ahora bien, conocer algo *a priori,* es conocerlo desde su simple posibilidad. Sin embargo, la posibilidad de los objetos determinados de la naturaleza no puede ser conocida mediante simples conceptos, pues por éstos puede conocerse, en realidad, la posibilidad del pensamiento (a saber, que él mismo no se contradiga), pero no la del objeto como cosa de la naturaleza que puede darse (como existente) fuera del pensamiento. De este modo, para conocer la posibilidad de las cosas determinadas de la naturaleza y, por consiguiente, para conocerlas *a priori,* se exige además que se dé *a priori* la intuición correspondiente al concepto, es decir, que se construya el concepto. Ahora bien, el conocimiento de la razón a través de la construcción de los conceptos es matemático. En consecuencia, una filosofía pura de la naturaleza en general, es decir, aquella que investiga solamente lo que constituye el concepto de una naturaleza en general, es posible sin la matemática; pero una doctrina pura de la naturaleza que concierna a las cosas determinadas de la naturaleza (doctrina de los cuerpos y doctrina del alma) únicamente es posible por medio de la matemática. Y puesto que en toda doctrina de la naturaleza sólo se encuentra tanta ciencia propiamente dicha como conocimiento *a priori* se halle en ella, la doctrina de la naturaleza no contendrá auténtica ciencia más que en la medida en que pueda aplicarse en ella la matemática.

Mientras no se encuentre entonces un concepto que pueda construirse para las acciones químicas de las materias entre sí, es decir, hasta tanto no se dé una ley de aproximación o alejamiento de las partes de la materia, de acuerdo con las cuales, por ejemplo, en proporción a sus densidades o propiedades análogas, sus movimientos y las consecuencias de éstos puedan hacerse intuibles y presentarse *a priori* en el espacio (exigencia que difícilmente podrá ser alguna vez realizada), la química no puede devenir otra cosa que un arte sistemático o una doctrina experimental, pero nunca una ciencia propiamente dicha, porque sus principios son simplemente empíricos y no admiten ninguna representación *a priori* en la intuición. Consecuentemente, los principios de los fenómenos químicos no pueden hacer comprensibles en lo más mínimo tales fenómenos con miras a su posibilidad, pues ellos son incapaces para la aplicación de la matemática.

La psicología empírica está aún más alejada que la misma química del rango de la ciencia de la naturaleza propiamente dicha, primeramente porque la matemática no es aplicable a los fenómenos del sentido interno y a sus leyes, pues tendría que tenerse en cuenta en tal caso la sola *ley de continuidad* en el flujo de los cambios de dicho sentido interno. Pero la ampliación del conocimiento así obtenida se relacionaría con el conocimiento proporcionado por la matemática de la doctrina de los cuerpos de manera más o menos semejante al modo como se relaciona la doctrina de las propiedades de la línea recta con respecto a toda la geometría. Pues la pura intuición interna, en la que deben construirse los fenómenos del alma, es el tiempo, pero éste sólo tiene una dimensión. La doctrina empírica del alma tampoco podrá aproximarse jamás a la química como arte sistemático de análisis o doctrina experimental, por cuanto en ella lo múltiple de la observación interna está separado solamente por una simple división en el pensamiento, sin poder mantenerse, empero, separado y unificarse de nuevo arbitrariamente; menos aún puede someterse otro sujeto pensante a nuestras búsquedas, de tal modo que sea conforme a nuestros

propósitos, e incluso la observación en sí misma altera y distorsiona ya el estado del objeto observado. Por eso, la psicología nunca puede ser algo más que una doctrina histórica de la naturaleza del sentido interno y, como tal, tan sistemática como posible, es decir, una descripción natural del alma, pero no una ciencia del alma, ni siquiera una doctrina psicológica experimental. Precisamente por este motivo, en el título de esta obra, la cual contiene, propiamente hablando, los principios de la doctrina de los cuerpos, hemos empleado, conforme al uso corriente, el nombre general de ciencia de la naturaleza; porque esta denominación sólo corresponde en sentido estricto a la doctrina de los cuerpos y no ocasiona, por tanto, ninguna ambigüedad.

Ahora bien, con el fin de hacer posible la aplicación de la matemática a la doctrina de los cuerpos, a través de la cual ella sólo puede devenir ciencia de la naturaleza, es preciso presentar previamente los principios de la *construcción* de los conceptos que pertenecen en general a la posibilidad de la materia. Tiene que emprenderse, según esto, un análisis completo de la fundamentación del concepto de materia en general. Esta es una tarea de la filosofía pura, la cual no utiliza para este fin ninguna experiencia particular, sino únicamente lo que ella encuentra en el concepto separado de materia (aunque sea en sí empírico), en relación con las intuiciones puras en el espacio y el tiempo (de acuerdo con leyes que dependen ya esencialmente del concepto de naturaleza en general); por eso, dicha doctrina es una auténtica *metafísica de la naturaleza corpórea.*

Todos los filósofos de la naturaleza que han querido proceder matemáticamente en sus trabajos han hecho siempre uso (aunque inconscientemente) de principios metafísicos y han tenido que servirse de ellos aun cuando protesten solemnemente contra toda pretensión de la metafísica sobre su ciencia. Sin duda alguna, ellos entienden por metafísica una quimera, consistente en inventar posibilidades según sus caprichos y en jugar con conceptos que quizá no pueden representarse en la intuición y que

no tienen otra autenticación de su realidad objetiva que la de no encontrarse en contradicción con ellos mismos. Toda metafísica auténtica es tomada de la esencia misma de la facultad de pensar y, por esta razón, no es algo meramente inventado, pues la metafísica no procede de la experiencia, sino que contiene las puras acciones del pensar, y, por consiguiente, conceptos y principios *a priori*, los cuales son los primeros en reunir lo diverso de las *representaciones empíricas* en una conexión según leyes, para que dicha diversidad pueda devenir *conocimiento empírico*, es decir, experiencia. Los físicos matemáticos no pueden prescindir, entonces, de principios metafísicos, ni entre éstos, de los principios que hacen el concepto de su propio objeto, a saber, la materia, susceptible de aplicación *a priori* a la experiencia externa (como en los casos de los conceptos de movimiento, espacio lleno, inercia, etc.). Con respecto a este asunto, sin embargo, ellos sostienen correctamente que la sola admisión de principios empíricos no sería compatible de ninguna manera con el derecho de la certidumbre apodíctica que quisieran dar a sus leyes de la naturaleza; por eso han preferido postular dichas leyes, a buscar en ellas sus fuentes *a priori*.

Pero es de la mayor importancia separar, en beneficio de las ciencias, los principios heterogéneos entre sí y llevar cada uno a un sistema particular, con el fin de constituir una ciencia conforme a su propia clase. Se evitará así la incertidumbre que proviene de confundir tales principios heterogéneos, ya que no puede distinguirse muy bien a cuál de las dos clases de principios se atribuirían, por un lado los límites, por el otro, los errores que podrían producirse en su uso. Por tal motivo he considerado necesario, en lo concerniente a la parte pura de la ciencia de la naturaleza (*physica generalis*), donde las construcciones metafísicas y matemáticas suelen entremezclarse mutuamente, presentar en un sistema las construcciones metafísicas, y con ellas, al mismo tiempo, los principios de la construcción de estos conceptos metafísicos, y, por tanto, los principios de la posibilidad de una teoría

matemática de la naturaleza misma. Esta separación ofrece, además de la utilidad señalada que ella logra, un incentivo particular que lleva consigo la unidad del conocimiento, cuando se evita que los límites de las ciencias se confundan entre sí y cuando ellas ocupen los dominios que les pertenece separadamente.

Puede elogiarse este procedimiento por una segunda razón, a saber, que de todo aquello que se llama metafísica puede esperarse la *absoluta completitud* de las ciencias, lo cual no puede prometerse de ningún otro tipo de conocimientos; por consiguiente, así como en la metafísica de la naturaleza en general, también puede esperarse aquí con confianza la completitud de una metafísica de la naturaleza corpórea. El porqué de esto está en que la metafísica considera el objeto solamente según las leyes generales del pensamiento, pero en las otras ciencias, el objeto tiene que representarse conforme a los datos de la intuición (tanto la pura como la empírica). La metafísica, en efecto, en la que el objeto debe compararse siempre con *todas* las leyes necesarias del pensamiento, proporciona necesariamente así un número determinado de conocimientos que puede agotarse completamente; mientras que las otras ciencias, en vista de que ofrecen una diversidad infinita de intuiciones (puras o empíricas) y, en consecuencia, objetos del pensamiento, no logran nunca una integridad absoluta, aunque pueden ampliarse hasta el infinito, como en el caso de la matemática pura y de la teoría empírica de la naturaleza.

Creo haber expuesto completamente en toda su extensión esta teoría metafísica de los cuerpos, pero sin pretender haber logrado así una obra exhaustiva

El esquema para la integridad de un sistema metafísico, sea de la naturaleza en general o de la naturaleza corpórea en particular, es la tabla de las categorías *, pues no hay otros conceptos puros del entendimiento que pue-

* Debido a su extensión, he optado por situar la nota correspondiente a este pasaje al final del prefacio. *(N. del T.)*

dan concernir a la naturaleza de las cosas. Bajo las cuatro clases de estos conceptos: *magnitud, cualidad, relación* y *modalidad,* deben poder entrar también todas las determinaciones del concepto de una materia en general, o sea, todo lo que pueda pensarse de ella *a priori,* representarse en la construcción matemática o darse en la experiencia como objeto determinado. Aquí no hay nada más qué hacer, qué descubrir o añadir, únicamente quizá, hacer mejor aquello en donde haya faltado claridad y solidez.

El concepto de materia tendría que ser sometido, entonces, a las *cuatro clases* ya enumeradas de conceptos del entendimiento (en cuatro capítulos), en cada uno de los cuales se añade una nueva determinación. La determinación fundamental de algo, que deba ser objeto del sentido externo, tendría que ser el movimiento, pues sólo a través de él puede afectarse este sentido. También con miras al movimiento, el entendimiento conduce todos los otros predicados de la materia que pertenecen a su naturaleza. De este modo la ciencia de la naturaleza es en su totalidad una *teoría pura o aplicada del movimiento.* Los principios *metafísicos* de la ciencia de la naturaleza deben ser agrupados, entonces, en cuatro capítulos, de los cuales el primero considera el movimiento como un *quantum* puro, según su composición, dejando de lado toda cualidad de lo movible y puede ser llamado FORONOMIA; el segundo estudia el movimiento como perteneciente a la *cualidad* de la materia bajo el nombre de una fuerza motriz originaria y se llama, por esta razón, DINAMICA; el tercero considera la materia con esta cualidad en *relación* recíproca, a través de su propio movimiento, y por eso lleva el nombre de MECANICA; el cuarto sólo determina el movimiento con referencia al modo de representación o *modalidad,* es decir, como fenómeno del sentido externo, y se llama FENOMENOLOGIA.

Pero además de la necesidad interna que obliga a separar los primeros principios metafísicos de la teoría de los cuerpos, no solamente de la física, que emplea principios empíricos, sino asimismo de las premisas racionales de la física, que conciernen al uso de la matemática en

ella, hay aún una razón externa en realidad contingente, mas, sin embargo, importante para separar su elaboración detallada del sistema general de la metafísica y para presentarla sistemáticamente como un todo particular. Pues si se permite trazar los límites de una ciencia, no simplemente según la construcción del objeto y el modo específico de su conocimiento, sino también conforme al fin que se tiene a la vista con la ciencia misma para otros usos, y si, por otra parte, se encuentra que la metafísica ha ocupado hasta ahora y ocupará en el porvenir a tantas cabezas no para ampliar los conocimientos que se tienen de la naturaleza (lo que ocurre más fácil y seguramente por observación, experimentación y aplicación de las matemáticas a los fenómenos externos), sino con el fin de lograr un conocimiento de aquello que se halla más allá de todos los límites de la experiencia, a saber, Dios, libertad e inmortalidad, se alcanza así este propósito, cuando se libera a la metafísica general de un retoño que, si bien germina de su propia raíz, obstaculiza sin duda su crecimiento regular, y cuando se siembra este retoño aparte, sin tomar equívocamente, empero, su procedencia de la metafísica y sin ignorar su completo crecimiento a partir del sistema de la metafísica general. Hacer esto no afecta la integridad de la metafísica general; antes, por el contrario, facilita el curso uniforme de esta ciencia hacia su propio fin, si, en todos los casos donde se requiera de la teoría general de los cuerpos, se pueda hacer el llamado al sistema separado de dicha teoría, sin impedir el sistema superior de la metafísica con esta teoría general de los cuerpos. Es, en efecto, muy curioso (lo que no puede exponerse aquí en detalle) que la metafísica general, en todos los casos en que requiera de ejemplos (intuiciones) para procurar un significado de los conceptos puros del entendimiento, tenga que tomarlos siempre de la teoría general de los cuerpos, por tanto, de la forma y principios de la intuición externa; y cuando estos ejemplos no se encuentran acabados, ella anda a tientas, inestable y vacilante entre un montón de conceptos desprovistos de sentido. De ahí el origen de controversias muy

conocidas o, al menos, la oscuridad en las preguntas concernientes a la posibilidad de un antagonismo de realidades, la posibilidad de las magnitudes intensivas, etc., preguntas con respecto a las cuales el entendimiento es instruido solamente a través de ejemplos extraídos de la naturaleza corpórea. Estas son precisamente las condiciones bajo las cuales los conceptos del entendimiento sólo pueden tener realidad objetiva, es decir, significado y verdad. Es así como una metafísica particular de la naturaleza corpórea da a la metafísica general servicios excelentes e indispensables al proveerla de ejemplos (de casos *in concreto*), con el fin de que ésta realice los conceptos y proposiciones (a saber, los de la filosofía trascendental), es decir, para dar sentido y significado a una simple forma del pensamiento.

En este tratado he seguido el método matemático, si bien no con todo rigor (puesto que habría requerido más tiempo del que podía disponer para ello), al menos imitativamente. No he hecho esto con el fin de obtener una mejor recepción de esta obra, haciendo ostentaciones de profundidad, sino porque pienso que dicho sistema es bastante capaz de un tratamiento matemático, y que con el tiempo una mano más hábil podría muy bien darle esta perfección cuando, estimulados por este proyecto, los investigadores matemáticos de la naturaleza no encuentren de poca importancia tratar la parte metafísica —de la cual ellos no pueden excusarse— como una parte fundamental de la física general y la vinculen con la teoría matemática del movimiento.

Newton dice en el prefacio a sus *Principios matemáticos de la ciencia de la naturaleza* (después de haber anotado que la geometría solamente requiere de dos procedimientos mecánicos, los cuales ella postula, a saber, describir una línea recta y un círculo): *La geometría se enorgullece de llegar a tan grandes resultados, tomando para ello tan poco de fuera*[2]. De la metafísica se podría

[2] *Gloriatur geometria, quod tam paucis principiis aliunde petitis tam multa praestet* (Newton, *Princ. Phil. Nat. Math.*, Praefat).

decir, por el contrario: *Ella se encuentra desconcertada de poder hacer tan poco con tantos materiales que le ofrece la matemática pura.* Este poco es, sin embargo, algo que la matemática misma necesita indispensablemente para su aplicación a la ciencia de la naturaleza; y como la matemática tiene que hacer necesariamente préstamos de la metafísica, no se debe avergonzar de ser vista en su compañía.

Nota

Encuentro dudas en la reseña de *Las instituciones lógicas y Metaf.,* del señor prof. Ulrich (que se publica en la *Gazeta Literaria General,* núm. 295), no contra la tabla de los conceptos puros del entendimiento, sino contra las conclusiones que son extraídas de allí, acerca de la determinación de los límites de toda facultad pura de la razón y, por consiguiente, de toda metafísica. En estas dudas, la penetrante crítica de la reseña se declara de acuerdo con su no menos profundo autor (Ulrich). Puesto que estas dudas deben tocar el fundamento principal del sistema que he establecido en la *Crítica,* ellas podrían ser razones para pensar que mi sistema —en lo concerniente a su fin principal— estaría aún lejos de tener consigo la convicción apodíctica necesaria para admitirla sin restricción. Este fundamento capital es, según se dice, la *deducción* de los conceptos puros del entendimiento, expuestos una parte en la *Crítica* y otra en los *Prolegómenos*; se dice que esta *deducción* es sobre todo oscura en la parte de la *Crítica,* cuando debería ser precisamente la más clara, o que se tornaría a sí misma en un círculo vicioso, etc. Mi respuesta a estas objeciones está dirigida solamente al punto principal, a saber, que sin una *deducción de las categorías totalmente clara y adecuada,* el sistema de la *Crítica de la Razón Pura* flaquearía en su base. Yo sostengo, por el contrario, que para aquellos que suscriben (como lo hace el crítico) mis proposiciones de la sensibilidad de toda nuestra intuición y de la suficiencia de la tabla de las categorías, como determinaciones de nuestra concien-

cia derivadas de las funciones lógicas de los juicios en general, el sistema de la *Crítica* tiene que llevar consigo certidumbre apodíctica, por cuanto está construido sobre esta proposición: *todo uso especulativo de nuestra razón no se extiende jamás más allá de los objetos de una experiencia posible.* Porque si se puede probar *que* las categorías, de las que la razón debe servirse en todo su conocimiento, no pueden tener otro uso diferente al de su simple relación con los objetos de la experiencia (puesto que es sólo de este modo como ellas hacen posible la forma del pensamiento), entonces la respuesta a la pregunta *cómo* ellas hacen posible dicha forma del pensamiento es seguramente muy importante para completar ciertamente esta deducción; pero con referencia al propósito capital del sistema, a saber, la determinación del límite de la razón pura, la respuesta al *cómo* no es de ninguna manera *necesaria,* sino simplemente *meritoria.* Con esta intención la deducción se conduce *suficientemente lejos,* cuando muestra que las categorías pensadas no son otra cosa que las simples formas de los juicios, en tanto se aplican a las intuiciones (que para nosotros son siempre sólo sensibles), y que por dicha aplicación nuestras intuiciones adquieren primero objetos y devienen conocimientos. Esto es suficiente ya para establecer todo el sistema de la *Crítica* con completa certidumbre. Así, el sistema de la gravitación universal de NEWTON se mantiene firme, si bien conlleva la dificultad de no poder explicar cómo es posible la acción a distancia. *Las dificultades, sin embargo, no son dudas.*

Quiero mostrar ahora que este fundamento capital también conserva su solidez sin la deducción completa de las categorías, a partir de lo que a continuación se concede:

1. *Concedido:* la tabla de las categorías contiene íntegramente todos los conceptos puros del entendimiento y asimismo todas las acciones formales del entendimiento en juicios, de los cuales se derivan dichos conceptos puros, y no difieren en nada, excepto en que mediante el concepto del entendimiento se piensa un objeto como *determinado,* con respecto a una u otra función de los juicios (p. ej., en el juicio categórico «la piedra es dura», «piedra» se emplea como sujeto y «dura» como predicado, de tal modo que se permita al entendimiento invertir la función lógica de estos conceptos y decir: «algo duro es una piedra». Por el contrario, cuando yo me represento *como determinado* en el *objeto* que la piedra, en toda determinación posible de un objeto y no de un simple concepto, tiene que pensarse solamente como sujeto y la dureza sólo como predicado, las mismas funciones lógicas devienen ahora *conceptos puros del entendimiento* de los objetos, a saber, como *sustancia* y *accidente*).

2. *Concedido:* por su naturaleza, el entendimiento dispone de principios sintéticos *a priori,* por medio de los cuales subordina todos los objetos que pueden ser dados a tales categorías. Consecuentemente, deben haber también intuiciones *a priori* que con-

tengan las condiciones necesarias para la aplicación de los conceptos puros del entendimiento, puesto que *sin intuición no hay ningún objeto* con respecto al cual la función lógica podría ser determinada como categoría y, por consiguiente, tampoco *tendría lugar* ningún conocimiento de un objeto cualquiera. Por tanto, sin intuición pura no hay ningún principio que determine *a priori* la función lógica para dicho conocimiento.

3. *Concedido:* estas intuiciones puras no pueden ser nunca otra cosa que simples formas de los *fenómenos* del sentido externo y del sentido interno (espacio y tiempo), y, consecuentemente, pueden ser formas solamente de los *objetos de las experiencias posibles.*

De lo anterior se sigue: todo uso de la razón pura solamente puede dirigirse a objetos de la experiencia; y como nada empírico puede ser condición en los principios *a priori,* éstos no pueden ser nada más que principios de la *posibilidad de la experiencia* en general. Este es entonces el único fundamento verdadero y adecuado de la determinación de los límites de la razón pura, pero no la solución del problema de *cómo* la experiencia es posible por medio de estas categorías y solamente por ellas. Aunque sin la última tarea la estructura permanece firme, este problema tiene, sin embargo, una gran importancia y, como lo veo ahora, es igualmente fácil, ya que puede ser resuelto poco a poco por medio de una sola conclusión a partir de la definición exactamente determinada de un juicio en general (es decir, de una acción por la que las representaciones dadas devienen primero conocimiento de un objeto). La oscuridad que reina en esta parte de la deducción concierne a mi tratamiento precedente, y no la pienso negar; ella debe atribuirse al destino corriente del entendimiento en sus búsquedas, en las que de ordinario no es el más corto camino aquel que se descubre de entrada. Por esta razón, aprovecharía la primera ocasión [CRP, 1787] para superar dicha laguna (que sólo concierne al modo de exposición y de ninguna manera al fundamento de la explicación, que ha sido dada correctamente en las discusiones antes indicadas), sin que el ingenioso crítico sea puesto en la —sin duda para él— desagradable necesidad de refugiarse en una armonía preestablecida, a causa de la extraña concordancia de los fenómenos con las leyes del entendimiento, aunque éstas tengan fuentes totalmente diferentes de las primeras. Esto sería un medio de salvación mucho peor que el mal que trata de curar y contra el cual ella no tiene realmente ningún recurso, pues en dicha armonía preestablecida no puede descubrirse la *necesidad objetiva* que caracteriza a los conceptos puros del entendimiento (y a los principios de su aplicación a los fenómenos). Por ejemplo, en el concepto de causa en conexión con el efecto todo permanece en este caso en un agrupamiento simplemente *subjetivo-necesario,* pero de manera objetiva es puramente contingente. Esto quiere decir Hume cuando la llama una simple ilusión por hábito.

Así, ningún sistema en el mundo puede derivar esta necesidad objetiva, a no ser por principios *a priori* que se hallan en el fundamento de la posibilidad del *pensamiento* mismo, sólo gracias a los cuales deviene posible el conocimiento de los objetos, cuyo fenómeno nos es dado, es decir, la experiencia. Y el supuesto del modo *cómo* estos principios hacen posible primero la experiencia, nunca puede ser explicado adecuadamente; sin embargo, permanece incuestionablemente cierto *que* la experiencia es posible sólo por medio de esos conceptos e, inversamente, que ellos no son capaces de ninguna significación y de ningún uso, a no ser en su referencia a los objetos de la experiencia.

I. Principios metafísicos de la Foronomía

Enunciado 1

La *materia* es lo *movible* en el espacio. El espacio que es igualmente movible, se llama material, o también *espacio relativo*; aquel en el que debe pensarse por último todo movimiento (que es, por tanto, asimismo absolutamente inmóvil) se denomina espacio puro, o también espacio *absoluto*.

Observación 1

Como en la Foronomía no debe hablarse de otra cosa que de movimiento, no se atribuirá al sujeto del mismo, esto es, a la materia, ninguna otra propiedad que la *movilidad*. En consecuencia, la materia misma puede ser válida también como un punto. En la Foronomía se hace abstracción de toda característica interna y, por tanto, de la magnitud de lo movible; además, ella sólo tiene que ver con el movimiento y con lo que puede ser con-

siderado en éste como magnitud (velocidad y dirección). No obstante, si se emplea aquí de vez en cuando la expresión «cuerpo», eso solamente ocurre para anticipar en cierto modo la aplicación de los principios de la Foronomía a los conceptos más determinados de la materia que se explicarán luego, con el fin de hacer la exposición menos abstracta y más clara.

Observación 2

Si debo explicar el concepto de materia no por un predicado que le corresponda como objeto, sino solamente por su relación con la facultad cognoscitiva, en la que la representación puede serme dada primero, entonces la materia es todo *objeto del sentido externo*; y esto sería la mera explicación metafísica de la misma. Pero el espacio sería simplemente la forma de toda intuición sensible externa (si esta forma *en sí misma* corresponde también al objeto externo que llamamos materia, o si sólo permanece en la naturaleza de nuestro sentido, no entra aquí en cuestión). La *materia* sería, en oposición a la *forma,* lo que en la intuición externa es un objeto de la sensación, y en consecuencia, la parte propiamente empírica de la intuición sensible y externa, pues la materia no puede ser dada, en modo alguno, *a priori.* En toda experiencia algo tiene que ser sentido (*empfunden*), y esto es lo real en la intuición sensible. Por consiguiente, el espacio en el que debemos establecer la experiencia de los movimientos, también debe ser sentido, es decir, caracterizado por lo que puede ser objeto de la sensación; y este espacio, como compendio de todos los objetos de la experiencia, y en cuanto él mismo es objeto de la experiencia, se llama *espacio empírico.* Ahora bien, este espacio, como material, es igualmente movible. Pero un espacio movible, si su movimiento debe poder ser percibido, supone a su vez otro espacio material más amplio, en el que él es movible, y éste supone de nuevo otro y así hasta el infinito.

De este modo, todo movimiento que es un objeto de la experiencia es simplemente relativo; el espacio en el cual se percibe el movimiento es un espacio relativo que se mueve a sí mismo de nuevo en un espacio más amplio, quizás en una dirección opuesta; por tanto, también la materia movida con respecto al primer espacio puede ser considerada en reposo, en relación con el segundo. Estas alteraciones del concepto de los movimientos continúan hasta el infinito con los cambios del espacio relativo. Suponer un espacio absoluto como *dado por sí mismo*, es decir, un espacio que, puesto que no es material, no puede ser un objeto de la experiencia, significa suponer algo que ni puede ser percibido en sí, ni en sus consecuencias (el movimiento en el espacio absoluto), a causa de la posibilidad de la experiencia; ésta, sin embargo, tiene que establecerse siempre sin dicho espacio. El espacio absoluto no es entonces nada *en sí mismo* ni objeto alguno, sino que significa únicamente todo otro espacio relativo que yo pueda pensar siempre por fuera del espacio dado y que sólo puedo prolongar más allá de todo espacio dado, hasta el infinito, como un espacio tal que incluya el espacio dado, y en el que pueda suponer éste como movido. Puesto que sólo tengo en el pensamiento el espacio más amplio, aunque de todos modos material, y no sé nada de la materia que caracteriza este espacio, hago abstracción de esta última y, por eso, el espacio es representado como un espacio puro, no empírico, y como uno absoluto. Puedo comparar todo espacio empírico con este espacio absoluto y representar el primero como movible en el segundo, el cual es, por tanto, considerado siempre como inmóvil. Hacer de él algo real es tomar la *generalidad lógica* de un espacio cualquiera, con el que puedo comparar todo espacio empírico como incluido en él, por una *generalidad física* de un ámbito real, y no comprender la razón de su idea.

Finalmente anoto, además, que, como la *movilidad* de un objeto en el espacio no puede ser conocida *a priori* y sin la enseñanza de la experiencia, tal movilidad, justo por esta razón, no ha podido ser incluida en la *Crítica*

de la Razón Pura, entre los conceptos puros del entendimiento; y observo que este concepto, en tanto empírico, sólo puede encontrar su lugar en una ciencia de la naturaleza, considerada como metafísica aplicada, la cual se ocupa, aunque según principios *a priori,* de un concepto dado por la experiencia.

Enunciado 2

El movimiento de una cosa es el *cambio de sus relaciones externas* en un espacio dado.

Observación 1

Anteriormente establecí ya el concepto de movimiento como base del concepto de materia. Como quería determinar el concepto de materia independientemente del de extensión y podía considerar entonces la materia también como un punto, me fue permitido así hacer uso de la definición corriente de *movimiento como cambio de lugar.* Pero ahora que el concepto de materia debe explicarse en general de modo que convenga igualmente a los cuerpos movidos, esta definición resulta inadecuada. En efecto, el lugar de todo cuerpo es un punto. Si se quiere determinar la distancia de la luna a la tierra, se quiere conocer entonces la distancia de sus lugares y, para este fin, no se mide la distancia de un punto arbitrario de la superficie o del interior de la tierra a un punto arbitrario de la luna, sino que se toma la línea más corta del centro de la una al centro de la otra; por consiguiente, hay un solo punto en cada uno de estos cuerpos que constituye su lugar. Ahora bien, un cuerpo puede moverse sin cambiar de lugar, como la tierra, al girar alrededor de su eje. Pero su relación con el espacio exterior cambia, no obstante, pues ella gira, por ejemplo, cada veinticuatro horas sus diversos lados hacia la luna, de donde resultan sobre la tierra efectos cambiantes de toda clase. Solamente acer-

ca de un *punto* movible, es decir físico, puede decirse: el movimiento es siempre cambio de lugar. Podría hacerse a esta explicación la objeción siguiente: el movimiento interno, por ejemplo la fermentación, no está incluido en él; pero la cosa de la que uno dice que es movida tiene que ser considerada también como unidad. Que la materia, por ejemplo un tonel de cerveza, es movida, quiere decir entonces algo distinto que: la cerveza en el tonel está en movimiento. El movimiento de una cosa no es, por tanto, idéntico al movimiento en esta cosa; aquí solamente se tratará acerca del primer caso. Pero la aplicación de este concepto de movimiento al segundo caso es posteriormente fácil.

Observación 2

Los movimientos pueden ser *rotatorios* (sin cambio de lugar) o progresivos; éstos pueden, o bien ampliar el espacio, o ser movimientos limitados a un espacio dado. A los que amplían su espacio pertenecen todos los movimientos en línea recta o en línea curva que *no retornan* sobre sí mismos; a los limitados a un espacio dado pertenecen los movimientos que *retornan* sobre sí mismos; estos últimos son, a su vez, *circulares u oscilatorios,* es decir, movimientos en círculo o fluctuantes. Los primeros cubren el mismo espacio siempre en la misma dirección, y los segundos el mismo espacio, siempre alternativamente y en una dirección contraria, como los péndulos oscilantes. A estos dos movimientos pertenece además la *vibración* (*motus tremulus*), la cual no es un movimiento progresivo de un cuerpo, sino un movimiento alternativo de una materia que no cambia con ello su posición como un todo, sino como las trepidaciones de una campana golpeada o las vibraciones del aire puesto en movimiento por el repique. Hago mención simplemente de estas diferentes clases de movimiento en la Foronomía, porque en el caso de todos los movimientos que no son progresivos, la palabra «velocidad» es usada generalmente en un sentido

diferente al caso de los movimientos progresivos, como lo muestra la observación siguiente.

Observación 3

La dirección y la velocidad son los dos momentos en la consideración de todo movimiento, cuando se hace abstracción de todas las otras propiedades de lo movible. Supongo aquí la definición habitual de ambos; no obstante, la de la dirección requiere aún de diferentes delimitaciones. Un cuerpo que se mueve en círculo cambia continuamente su dirección, de modo que su retorno hasta el punto del cual partió ha tomado todas las direcciones posibles en un plano; y, sin embargo, se dice que se mueve siempre en la misma dirección, como, por ejemplo, el planeta de la noche a la mañana.

Pero ¿cuál es aquí el *lado* hacia el que se dirige el movimiento? Esta pregunta está emparentada con la siguiente: ¿en qué se basa la diferencia interna de los caracoles que, aunque semejantes e incluso iguales, una especie de ellos se enrolla en espiral hacia la derecha y la otra hacia la izquierda?, ¿o la diferencia interna del enrollamiento de la habichuela y el lúpulo, el primero de los cuales se enrolla como un tirabuzón o, como lo expresarían los marinos, el uno contra el sol y el otro siguiendo el sol? El concepto de esta diferencia interna puede construirse sin duda, pero como concepto no puede en sí hacerse inteligible del todo mediante características generales en el modo discursivo de conocimiento. Además, en las cosas mismas (en los casos de aquellos hombres extraños, en cuya autopsia todas las partes se encuentran fisiológicamente de acuerdo con las de otros hombres, excepto que todos sus órganos internos se hallan localizados a la izquierda o a la derecha, invertidos contrariamente al orden habitual), no puede haber alguna diferencia concebible en las consecuencias internas. Y hay aún una diferencia interna auténticamente matemática, conforme a la cual dos movimientos circulares difieren en

dirección, pero, por lo demás, se corresponden en todos los otros aspectos, aunque ellos no sean completamente idénticos. He mostrado en otra parte * que esta diferencia se da en la intuición, pero no permite de manera alguna ser llevada a conceptos claros y ser explicada, por tanto, de manera inteligible (*dari, non intelligi*). Ella proporciona una buena prueba para confirmar este principio: el espacio en general no pertenece a las propiedades o relaciones de las *cosas en sí mismas,* las cuales tendrían que dejarse llevar necesariamente a conceptos objetivos, sino sólo a la forma subjetiva de nuestra intuición sensible de cosas o relaciones; lo que ellas puedan ser en sí mismas, permanece completamente desconocido para nosotros. Pero esto es una digresión de nuestra tarea actual, en la que tenemos que tratar el espacio necesariamente como una *propiedad* de las cosas puestas a consideración, a saber, esencias corporales, porque estas mismas son simplemente fenómenos del sentido externo y sólo requieren ser explicadas aquí en cuanto tales. En lo concerniente al concepto de velocidad, es necesario decir que esta expresión tiene también a veces en el uso un significado discordante. Nosotros decimos: la tierra gira más rápido alrededor de su eje que el sol, porque lo hace en un tiempo más corto, aunque el movimiento del sol sea más rápido. La circulación de la sangre es mucho más rápida en un pequeño pájaro que en el hombre, aun cuando el movimiento circulatorio en el primero, tenga sin duda menor velocidad; y así también es el caso de las vibraciones de las materias elásticas. La brevedad del tiempo de retorno al punto de partida, trátese del movimiento circular u oscilatorio, constituye la razón del uso de esta palabra, en el que, si sólo se trata de evitar una falsa interpretación, no hay lugar a censura, pues este solo incremento de la velocidad en el regreso, sin aumento de la velocidad espacial, tiene sus efectos propios y muy importantes en la naturaleza y no se ha tenido, quizá, suficien-

* Véase *Prolegómenos,* § 13, y *¿Qué significa orientarse en el pensamiento? (N. del T.)*

temente en cuenta este hecho con respecto a la circulación de los humores en los animales. En la Foronomía empleamos la palabra «velocidad» simplemente en su significación espacial:

$$C = \frac{S}{T}$$

Enunciado 3

El reposo es la presencia perdurable (*praesentia perdurabilis*) en el mismo *lugar*; pero lo *perdurable* es lo que existe en un cierto tiempo, es decir, dura.

Observación

Un cuerpo en movimiento está un instante en cada punto de la línea que él recorre. La pregunta es ahora, si él se encuentra allí en reposo o en movimiento. En movimiento, se dirá sin duda, pues está presente en este punto sólo en tanto se mueve. Pero vamos a suponer el movimiento del mismo de la siguiente manera:

A B a

O-------------O----O

el cuerpo recorre la línea *AB* con una velocidad uniforme y en sentido inverso *BA*, de tal forma que, como el instante en que el cuerpo que está en *B* es común a los dos movimientos, los movimientos de *A* a *B* y de *B* a *A* se efectúan cada uno en medio segundo y los dos movimientos en un segundo completo, sin que haya sido empleada la más mínima parte de tiempo sobre la presencia del cuerpo en *B*. Y de este modo, sin el más mínimo incremento en estos movimientos, el último —el cual ocu-

rría en la dirección *BA*— podría ser cambiado en el de la dirección *Ba*, situado en la prolongación de la línea *AB*; por consiguiente, mientras el cuerpo está en *B* no puede ser considerado como en reposo, sino como movido. Por eso, en el primer movimiento que retorna sobre sí mismo, él podría ser considerado también como movido en el punto *B*. Pero esto es imposible porque, de acuerdo con la hipótesis que ha sido asumida, sólo un instante pertenece al movimiento *AB* y, al mismo tiempo, al movimiento *BA*, el cual es opuesto al primero y unido a él en un solo y mismo instante. Consecuentemente, si una completa ausencia de movimiento constituye el concepto de reposo, entonces tendría que probarse también en el movimiento uniforme *Aa* el reposo del cuerpo en cada punto, por ejemplo, en *B*; pero esto contradice la afirmación anterior. Si se representa, por el contrario, la línea *AB* como erigida sobre el punto *A*, de manera que un cuerpo ascienda de *A* a *B*, y luego, una vez haya perdido el movimiento en el punto *B* por el efecto de la gravedad, cae de *B* a *A*, hago la pregunta de si en *B* el cuerpo puede ser considerado en movimiento o en reposo. Seguramente se dirá que en reposo, por cuanto todo el movimiento anterior a él ha sido suprimido luego de haber alcanzado este punto; entonces ha debido producirse en seguida un movimiento igual y en dirección opuesta; por consiguiente, aún no se ha producido. Se dirá igualmente que la ausencia de movimiento es el reposo. Sin embargo, en el caso anterior de un movimiento supuesto uniforme, el movimiento *BA* no podría comenzar de otra manera que por la cesación previa del movimiento *AB* y por la no existencia del movimiento de *B* a *A*; sería preciso suponer entonces en *B* una ausencia total de movimiento y, según la explicación corriente, tendría que suponerse en reposo. Sin embargo, no se lo debería admitir, porque con una velocidad dada ningún cuerpo puede ser pensado en reposo, en algún punto de su movimiento uniforme. ¿En qué se funda entonces en el segundo caso esta pretensión del concepto de reposo, ya que este ascenso y esta caída están igualmente separadas entre

sí sólo por un instante? La razón de esta pretensión radica en que no se piensa el último movimiento como uniforme con una velocidad dada, sino primero como uniformemente retardado y luego uniformemente acelerado, de tal manera que la velocidad en el punto *B* no sea suprimida por completo, sino disminuida hasta un cierto grado, menor que cualquier velocidad asignable. Pero si en lugar de caer el cuerpo con esta velocidad en la línea de caída *BA*, tomara la dirección *Ba*, se consideraría siempre como ascendente. Al considerar el simple momento de la velocidad (puesto que en este caso se deja de lado la resistencia de la gravedad) en un tiempo asignable tan grande como se quiera, él recorrería uniformemente un espacio menor que cualquier espacio asignable. Por tanto, él no podría cambiar de lugar (para cualquier experiencia posible) en toda la eternidad. En consecuencia, su estado es el de una presencia *perdurable* en el mismo lugar, es decir, de reposo, aunque debido a la continua influencia de la gravedad, o sea, del cambio de este estado, el reposo es inmediatamente abolido. Estar en un *estado permanente* y persistir en él (si nada llega a perturbar este estado), son dos conceptos diversos, en donde el uno no impide al otro. Por consiguiente, el reposo no puede explicarse por la carencia de movimiento; él no deja construirse como = 0, sino que tiene que explicarse a través de una presencia permanente en el mismo lugar. Puesto que este concepto puede construirse entonces por medio de la representación de un movimiento con una velocidad infinitamente pequeña durante un tiempo finito, él puede emplearse, por consiguiente, para una aplicación posterior de la matemática a la ciencia de la naturaleza.

Enunciado 4

Construir el concepto de un *movimiento compuesto* significa presentar *a priori* un movimiento en la intuición, en tanto surge de la unión de dos o más movimientos dados en algo movible.

Observación

La construcción de los conceptos exige que la condición de su presentación no sea tomada de la experiencia, y no suponga por tanto tampoco ciertas fuerzas, cuya existencia pueda derivarse solamente de la experiencia o, en general, que la condición de la construcción no tenga que ser en sí misma un concepto que no pueda ser dado *a priori* en la intuición, como, por ejemplo, el concepto de causa y efecto, de acción y resistencia, etc. Hay que observar aquí, sobre todo, que la Foronomía debe primariamente determinar *a priori* la construcción de los movimientos en general como *magnitudes*. Y puesto que la Foronomía tiene por objeto la *materia simplemente como algo movible,* es decir, no tiene en cuenta ninguna magnitud de lo movible, debe determinar *a priori* estos movimientos sólo como magnitudes, de acuerdo tanto con su velocidad como con su dirección y, obviamente, conforme a su composición. Todo esto debe establecerse entonces completamente *a priori* y, en realidad, a través de la intuición, con miras a la aplicación de la matemática. En efecto, las reglas de la conexión de los movimientos, es decir, de fuerzas, no pueden exponerse jamás a fondo mediante causas físicas, antes de que los principios de su composición en general se establezcan previamente matemáticamente como una fundamentación.

Principio

Todo movimiento, en cuanto objeto de una experiencia posible, puede considerarse arbitrariamente como movimiento de un cuerpo en un espacio que está en reposo o, por el contrario, como reposo del cuerpo y movimiento del espacio en dirección opuesta y con igual velocidad.

Observación

Para tener la experiencia del movimiento de un cuerpo se requiere no solamente que el cuerpo, sino también que

el espacio donde él se mueve, sean objetos de la experiencia externa y, con ello, objetos materiales. Por tanto, un movimiento absoluto, esto es, un movimiento referido a un espacio no material, no puede ser objeto de experiencia y de aquí que no sea nada para nosotros (aun cuando se admitiera que el espacio absoluto es algo en sí mismo). Pero también todo movimiento relativo, el espacio mismo, considerado como material, puede representarse de nuevo en reposo o en movimiento. El primer caso ocurre cuando, más allá del espacio con respecto al cual miro un cuerpo como movido, no se da un espacio más extenso que incluya este espacio (como cuando en la cabina de un barco veo una bola moviéndose sobre una mesa). El segundo se presenta cuando más allá de este espacio me es dado otro que lo incluya (como en el ejemplo mencionado, la orilla del río), pues en relación con este último espacio puedo mirar el espacio más próximo (la cabina) como movido y el cuerpo mismo en reposo. Ahora bien, es absolutamente imposible determinar, con respecto a un espacio dado empíricamente, si este espacio es a su vez movido o no en relación con un espacio aún más extenso que lo contenga. Tiene que ser entonces completamente indiferente para toda experiencia y para toda inferencia de la experiencia, si quiero considerar un cuerpo como movido o en reposo y el espacio como movido en la dirección contraria con una velocidad igual. Más aún, como el espacio absoluto no es nada para alguna experiencia posible, estos conceptos son también equivalentes: si digo que un cuerpo se mueve con respecto a este espacio dado en esta dirección con tal velocidad, o si pienso el cuerpo en reposo y quiero atribuir todo el movimiento a este espacio, pero en una dirección opuesta. Por lo tanto, cada concepto es completamente igual al otro, y no es posible establecer ningún ejemplo que haga diferente el último del primero; solamente es diferente con respecto a la conexión que queramos dar al último en el entendimiento.

Tampoco estamos en condiciones de poder indicar en una experiencia cualquiera un punto fijo, en relación con

el cual se determine lo que debería llamarse movimiento y reposo absolutos; pues todo lo que se nos da de esta manera es material, por consiguiente, movible y (puesto que no conocemos en el espacio ningún límite extremo de la experiencia posible) quizá también realmente movido, sin que podamos percibir este movimiento de algún modo. En relación con el movimiento de un cuerpo en el espacio empírico, puedo atribuir al cuerpo una parte de la velocidad dada y la otra al espacio, pero en dirección opuesta. Y toda experiencia posible que concierne a las consecuencias de estos dos movimientos unificados es equivalente a aquella en la que pienso el cuerpo sólo como movido con la velocidad total, o bien el cuerpo en reposo y el espacio como movido con la misma velocidad, en la dirección contraria. *Supongo aquí todos los movimientos como rectilíneos,* pues en lo concerniente a los curvilíneos no es igual en todos los puntos, si estoy autorizado para considerar el cuerpo como movido (por ejemplo, la tierra en su rotación diaria) y el espacio circundante (el cielo estrellado) en reposo, o bien, éste en movimiento y aquél en reposo; sobre esto se tratará en particular posteriormente *. En la Foronomía, donde considero el movimiento de un cuerpo sólo en relación con el espacio (sobre cuyo reposo o movimiento el cuerpo no tiene ninguna influencia), es completamente indeterminado y arbitrario si atribuyo, y en qué cantidad, la velocidad del movimiento dado al cuerpo o al espacio. En la Mecánica, puesto que un cuerpo movido debe considerarse en relación activa con otros cuerpos en el espacio de su movimiento, esto no será ya completamente indiferente, como se mostrará luego en su lugar correspondiente.

Enunciado 5

La composición del movimiento es la representación del movimiento de un punto como idéntico a dos o más movimientos del mismo punto, enlazados conjuntamente.

---

* Véase el capítulo 4, la «Fenomenología». *(N. del T.)*

Observación

Puesto que en la Foronomía no conozco otra propiedad de la materia que su movilidad y puedo tomarla, por ende, en sí misma sólo como un punto, puede considerarse el movimiento solamente como *descripción de un espacio.* Esto exige, sin embargo, que yo preste atención no simplemente al espacio descrito, como en la geometría, sino también al tiempo allí incluido, y, por tanto a la velocidad con la que un punto describe el espacio. La Foronomía es entonces la teoría pura de las magnitudes (*Mathesis*) de los movimientos. El concepto determinado de una magnitud es el concepto de la producción de la representación de un objeto mediante la composición de lo homogéneo. Ahora bien, puesto que nada es homogéneo al movimiento, salvo un nuevo movimiento, la Foronomía es una teoría de la composición de los movimientos del mismo punto, según su dirección y velocidad, esto es, la representación de un único movimiento que, en cuanto tal, comprende en sí dos o más movimientos al mismo tiempo, o la representación de dos movimientos simultáneos del mismo punto, en tanto constituyen *conjuntamente* un movimiento; es decir, ellos son idénticos a este movimiento, pero no en la medida en que lo producen, como las causas sus efectos. Para encontrar el movimiento que resulta de la composición de varios movimientos —o de tantos como se quiera— es suficiente, así como para la producción de toda magnitud, buscar primero el movimiento que está —bajo ciertas condiciones dadas— compuesto de *dos movimientos,* y luego el enlace de éstos con un tercero, etc. Consecuentemente, la teoría de la composición de todos los movimientos se reduce a la de dos movimientos. Pero dos movimientos de uno y el mismo punto, que se encuentran al mismo tiempo en este mismo punto, pueden diferenciarse de una doble manera y, en cuanto tales, enlazarse de tres modos. Primero, se generan en *una sola y misma línea* o, al mismo tiempo, en *diversas líneas*; estos últimos movimientos comprenden un ángulo. Los que ocurren en

una sola y misma línea son, o bien contrarios unos con otros según su dirección, o bien conservan la *misma dirección*. Puesto que todos los movimientos son considerados como produciéndose al mismo tiempo, allí resulta también la relación de velocidad, inmediatamente después de la relación de las líneas, es decir, de los espacios descritos por el movimiento en tiempos iguales. Se presentan, por tanto, tres casos: 1) *Dos movimientos* (importa poco si son de igual velocidad o no) unidos en un cuerpo en una misma dirección, forman en su composición un movimiento resultante. 2) *Dos movimientos* del mismo punto (de velocidad igual o no) unidos en direcciones contrarias, constituyen a través de su composición un tercer movimiento en la misma línea. 3) *Dos movimientos* de un punto, con velocidades iguales o desiguales, pero en líneas diferentes que comprenden un ángulo, son considerados como compuestos.

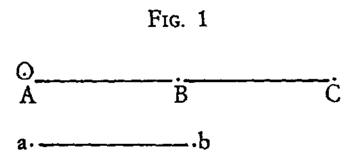
Teorema

Sólo puede pensarse la composición de dos movimientos de uno y el mismo punto, si se representa uno de ellos en el espacio absoluto y si, en lugar del segundo movimiento, se representa un movimiento del espacio relativo en la dirección contraria y con la misma velocidad, como idéntico con el primer movimiento.

Demostración

PRIMER CASO. Dos movimientos en la misma línea y dirección corresponden al mismo tiempo a uno y mismo punto.

FIG. 1

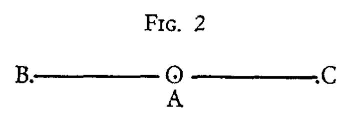


Sean dos velocidades *AB* y *ab* representadas como contenidas en una velocidad de movimiento. Supongamos estas velocidades como iguales, *AB* = *ab*. En este caso afirmo: ellas no pueden representarse al mismo tiempo en el mismo punto, en uno y el mismo espacio (sea absoluto o relativo). Pues, como las líneas *AB* y *ab*, que designan las velocidades, son en sentido estricto los espacios recorridos en tiempos iguales, la composición de los espacios *AB* y *ab* = *BC*, y por tanto la línea *AC* (como la suma de los espacios), tienen que expresar la suma de ambas velocidades. Pero las partes *AB*, *BC*, tomadas por sí mismas, no representan la velocidad = *ab*, pues no son recorridas en el mismo tiempo que *ab*. Por tanto, la doble línea *AC*, la cual es recorrida en el mismo tiempo que la línea *ab*, no representa tampoco la velocidad como doble de la última, como era, sin embargo, requerido. Por esta razón, no puede representarse intuitivamente la composición de dos velocidades en una dirección *en el mismo espacio*.

Por el contrario, si se representa el cuerpo *A* como movido, con una velocidad *AB* en el espacio absoluto y si, además, doy al espacio relativo una velocidad *ab* = *AB* en la dirección opuesta *ba* = *CB*, entonces esto es justamente lo mismo que si hubiera atribuido al cuerpo la última velocidad en la dirección *AB* (principio). Pero el cuerpo recorre en este caso la suma de las líneas *AB* y *BC* = 2*ab* en el mismo tiempo que habría empleado en recorrer sólo la línea *ab* = *AB*; y, no obstante, su velocidad es representada como la suma de las dos velocidades iguales *AB* y *ab*, que era lo que se exigía.

Segundo caso. Dos movimientos en *direcciones directamente opuestas* deben enlazarse en uno y mismo punto.

Fig. 2



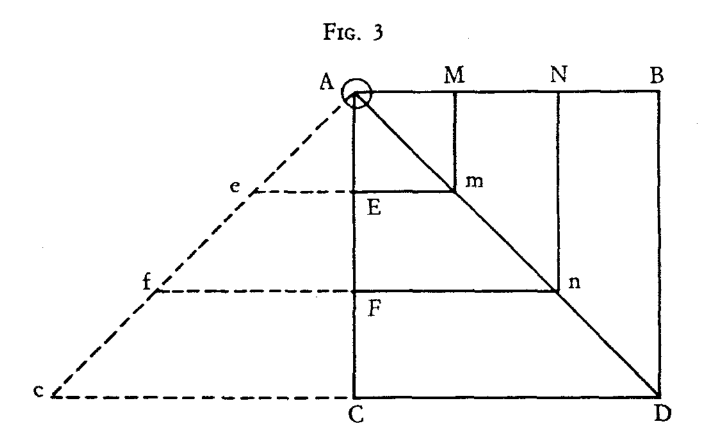
Sea *AB* uno de estos movimientos y *AC* el otro en la dirección contraria; supongamos la velocidad del último movimiento como igual a la del primero. En este caso sería imposible el pensamiento mismo de representar como simultáneos dichos dos movimientos en uno y el mismo espacio, justamente en el mismo punto, y por eso el caso de tal composición de los movimientos sería también imposible, lo cual es contrario al supuesto.

Pensemos, por el contrario, el movimiento *AB* en el espacio absoluto; pero en lugar del movimiento *AC* en este espacio absoluto, se da el movimiento opuesto *CA* del espacio relativo con la misma velocidad, la cual (según el principio) es completamente igual al movimiento *AC* y puede ser, por tanto, completamente sustituida por él. En este caso, dos movimientos iguales y opuestos del mismo punto, pueden muy bien representarse en el mismo tiempo. Pero, como el espacio relativo es movido con la misma velocidad $CA = AB$ en la misma dirección con el punto *A*, este punto, o el cuerpo que se encuentra en él, no cambia de lugar con respecto al espacio relativo; es decir, un cuerpo movido con una velocidad igual en dos direcciones directamente opuestas, está en reposo, o, expresado de manera general, su movimiento es igual a la diferencia de las velocidades, establecida según la dirección de la mayor (consecuencia fácil de inferir de lo que se ha demostrado).

TERCER CASO. Dos movimientos del mismo punto se representan como enlazados de acuerdo con direcciones que comprenden un ángulo.

Los dos movimientos dados son *AB* y *AC*, donde la velocidad y las direcciones son expresadas por estas líneas, pero el ángulo que éstas comprenden es expresado por *BAC* (puede ser como acá, un ángulo recto, pero también un ángulo cualquiera, agudo u obtuso). Ahora bien, si estos dos movimientos deben suceder al mismo tiempo en las direcciones *AB*, *AC* y, en realidad, en uno y el mismo espacio, entonces no podrían producirse, sin embargo, simultáneamente en las dos líneas *AB* y *AC*, sino

Fig. 3



solamente en la línea que corren paralelas a éstas. Tendría que suponerse, por tanto, que uno de estos movimientos produciría un cambio en el otro (a saber, la desviación del rumbo dado), aunque las direcciones permanecieran recíprocamente las mismas. Pero esto es contrario al teorema supuesto, el cual indica con el término «composición» que ambos movimientos dados están *contenidos* en un tercero y, según eso, serían idénticos a éste, y no que un tercero es producido por uno de ellos al *cambiar* el otro.

Supóngase, por el contrario, que el movimiento *AC* se produce en el espacio absoluto y que, en lugar del movimiento *AB*, el movimiento del espacio relativo sea supuesto en la dirección opuesta. Sea la línea *AC* dividida en tres partes iguales, *AE*, *EF*, *FC*. Ahora bien, mientras el cuerpo *A* recorre la línea *AE* en el espacio absoluto; es espacio relativo, y con él el punto *E*, recorre el espacio *Ee* = *MA*. Mientras el cuerpo recorre las dos partes en conjunto = *AF*, el espacio relativo, y con él el punto *F*, describe la línea *Ef* = *NA*. Finalmente, mientras el cuerpo recorre toda la línea *AC*, el espacio relativo, y con él el punto *C*, describe la línea *Cc* = *BA*. Todo esto es justamente lo mismo que si el cuerpo *A* en estas tres divisiones de tiempo hubiera recorrido las líneas *Em*, *Fn*

y $CD = AM$, AN, AB y en todo el tiempo en que él recorre AC, hubiera recorrido la línea $CD = AB$. El cuerpo está entonces en el último instante en el punto D y en este tiempo total está gradualmente en todos los puntos de la diagonal AD, la cual expresa, por consiguiente, tanto la dirección como la velocidad del movimiento compuesto.

Observación 1

La *construcción* geométrica exige que una magnitud sea idéntica a otra, o que dos magnitudes en la composición sean idénticas a una tercera, y no, que produzcan la tercera como causas, lo cual sería la solución mecánica. La *congruencia* es la completa semejanza o igualdad, en tanto puede conocerse solamente en la intuición. Toda construcción geométrica de completa identidad reposa en la congruencia. La congruencia de dos movimientos unidos conjuntamente a un tercero (es decir, como el *motu composito* mismo), no puede ocurrir jamás cuando se representan estos dos movimientos en uno y el mismo espacio, por ejemplo, en el espacio relativo. Es la razón por la cual todos los intentos de demostrar el teorema anotado en sus tres casos han tenido siempre tan sólo soluciones mecánicas, en tanto se suponía que causas motrices —por las cuales un movimiento dado era enlazado con otro— producían un tercer movimiento. Dichos intentos, empero, no probaban que estos dos movimientos eran idénticos al tercero y que, a causa de esta identidad, podían ser presentados *a priori* en la intuición pura.

Observación 2

Cuando, por ejemplo, una velocidad Ac es llamada doble, esto sólo puede entenderse de la siguiente manera: ella se compone de dos velocidades simples e iguales AB y BC (cf. fig. 1). Pero si se explica una velocidad doble diciendo que es un movimiento por el cual recorre en un

mismo tiempo un espacio dos veces mayor, entonces se supone en este caso algo que no es evidente por sí mismo, a saber, que dos velocidades iguales pueden enlazarse como dos espacios iguales, y no es claro en sí que una velocidad dada conste de velocidades menores, y un movimiento rápido, de movimientos lentos, así como un espacio se compone de espacios más pequeños, porque las partes de la velocidad no son externas unas de otras, como lo son las partes del espacio; y si esta velocidad debe considerarse como magnitud, entonces el concepto de su magnitud, puesto que es *intensivo,* tiene que construirse de manera diferente a la de la magnitud *extensiva* del espacio. Pero esta construcción solamente es posible por la composición *mediata* de dos movimientos iguales, uno de los cuales es el del cuerpo y el otro el del espacio relativo, en una dirección opuesta. Justamente por esta razón es completamente idéntico a un movimiento del cuerpo en la dirección precedente, pues en un cuerpo, dos velocidades iguales no pueden componerse *en* la *misma dirección,* a no ser por medio de causas motrices externas; por ejemplo, un barco que lleva un cuerpo con una de las velocidades, mientras otra fuerza motriz inmóvil vinculada al barco, imprime al cuerpo una segunda velocidad igual a la anterior. En este caso, sin embargo, es necesario suponer siempre que el cuerpo mismo conserva la primera velocidad en un movimiento *libre,* cuando se añade la segunda velocidad. Se trata así de una ley de fuerzas motrices de la naturaleza, y esta ley no puede considerarse, cuando se pregunta simplemente, cómo se *construye* el concepto de velocidad en cuanto magnitud. Esto es suficiente en lo concerniente a la adición de las velocidades entre sí. Pero cuando se habla de sustraer una velocidad de la otra, esta sustracción puede pensarse fácilmente, una vez admitida la posibilidad de obtener por adición una velocidad como magnitud. Sin embargo, el concepto de esta sustracción no puede *construirse* tan fácilmente, porque, para este fin, dos movimientos opuestos tienen que enlazarse en un cuerpo. Pero ¿cómo debe suceder esto? De una manera inmediata; es decir, con

respecto al mismo espacio en reposo, es imposible pensar dos movimientos iguales con dirección contraria en el mismo cuerpo. Pero la representación de la imposibilidad de estos dos movimientos en un cuerpo, no es de ninguna manera el concepto de su *reposo,* sino el de la *imposibilidad de construir* esta composición de movimientos opuestos, supuesta, sin embargo, como posible en el teorema. Pero esta construcción no es posible de otra manera que por la unión del movimiento del cuerpo con el *movimiento del espacio,* como se ha probado. Finalmente, en lo concerniente a la composición de dos movimientos, cuya dirección comprende un ángulo, tampoco puede pensarse en el cuerpo con relación a uno y el mismo espacio, a no ser que se suponga que uno de ellos es producido por una *fuerza* exterior que fluye continuamente (por ejemplo, un vehículo que porta el cuerpo), y que se suponga el otro movimiento con el fin de mantenerse a sí mismo inalterado. O, para expresarlo en general, se debe tener por fundamento las fuerzas motrices y la producción de un tercer movimiento a partir de dos *fuerzas* enlazadas. En esto radica la ejecución *mecánica* de lo que contiene un concepto, mas no la *construcción matemática* de la composición. Dicha construción debe presentar en la intuición lo que es el objeto (como *quantum*) y no como puede *producirse* por naturaleza o por arte mediante ciertos instrumentos y ciertas fuerzas. Para determinar la relación de movimientos con otros como magnitudes, su composición debe hacerse según las reglas de la congruencia. Esto es posible en los tres casos sólo por el movimiento del espacio, el cual es congruente con uno de los dos movimientos dados, y por tal motivo, ambos están en congruencia con el movimiento compuesto.

Observación 3

La Foronomía, no como teoría pura del movimiento, sino simplemente como teoría pura de la magnitud del movimiento, en la cual se piensa la materia de acuerdo

con una propiedad que no puede ser otra que la mera movilidad, no contiene algo más que este único teorema de la composición del movimiento en los tres casos citados, y tan sólo concierne, en realidad, a la posibilidad del *movimiento rectilíneo,* y de ninguna manera al curvilíneo. Y como en este último el movimiento cambia continuamente (según la dirección), es necesario llamar la atención sobre la causa de este cambio, la cual no puede ser el simple espacio. Pero el hecho de que usualmente sólo se entienda bajo la denominación de *«movimiento compuesto»* este único caso, donde las direcciones de tal movimiento forman un ángulo, no va en detrimento de la física, sino del principio de división de una ciencia filosófica pura en general. Por lo tanto, en lo concerniente a la física, los tres casos tratados en el teorema anterior, tan sólo pueden representarse de manera adecuada en el tercero. En efecto, si se piensa el ángulo comprendido por los dos movimientos dados como infinitamente pequeño, este tercer caso contiene el primero. Pero si se representa el ángulo muy poco diferente de una única línea recta, él contiene entonces el segundo caso. Por consiguiente, en el teorema conocido del movimiento compuesto, los tres casos que hemos mencionado, pueden enunciarse en una fórmula general. Sin embargo, de este modo no se podría aprender a comprender *a priori* la teoría de las magnitudes del movimiento, de acuerdo con sus partes. Dicha comprensión tiene su utilidad para muchos propósitos.

Si alguien se complace en referir las tres partes antes mencionadas del teorema general foronómico al esquema de la división de todos los conceptos puros del entendimiento y, aquí particularmente, a la división del concepto de *magnitud,* observará que, como el concepto de magnitud contiene siempre el de la composición de lo homogéneo, la teoría de la composición de los movimientos es, al mismo tiempo, la teoría de la magnitud pura de la misma. Y conforme a los tres momentos que el espacio tiene a disposición, a saber, la *unidad* de línea y dirección; la *pluralidad* de direcciones en una y la misma línea

y, finalmente, la *totalidad* de direcciones, así como de líneas, según las cuales puede producirse el movimiento, dicha teoría contiene en realidad la determinación de todo movimiento posible como *quantum,* si bien la cantidad de movimiento (en un punto movible) consiste simplemente en la velocidad. Esta observación sólo tiene su utilidad en la filosofía trascendental.

II. Principios metafísicos de la Dinámica

Enunciado 1

La materia es lo *movible,* en tanto lo movible *llena un espacio. Llenar* un espacio es resistir a todo lo movible que tiende por su movimiento a penetrar en un cierto espacio. Un espacio que no está lleno es un *espacio vacío.*

Observación

Esta es la explicación dinámica del concepto de materia. Esta explicación presupone la Foronomía, pero le añade una propiedad que se relaciona como la causa con un efecto, a saber, la capacidad de resistir a un movimiento dentro de cierto espacio. Esta propiedad no podía ser tarea de la ciencia precedente, si bien tenía que ver igualmente con movimientos de uno y el mismo punto en direcciones opuestas. Este llenarse del espacio preserva un cierto espacio libre de la penetración de otro movible cualquiera, cuando su movimiento se dirige a algún

lugar de este espacio. Ahora tiene que investigarse en qué radica y qué significa la resistencia de la materia que se dirige hacia todos los lados. Pero se ve ya, con la explicación anterior, que la materia no se considera aquí en cuanto ofrece resistencia, cuando es *impelida de su lugar* y puesta, por lo tanto, en movimiento (se considerará posteriormente este caso como resistencia mecánica), sino, por el contrario, solamente cuando el *espacio* de su propia extensión debe ser *reducido*. Uno se sirve de la expresión: *ocupar un espacio,* es decir, estar inmediatamente presente en todos los puntos de este espacio, con el fin de caracterizar así la *extensión* de una cosa en el espacio. Pero no se determina en este concepto qué acción, o incluso, si una acción cualquiera procede de esta presencia como lo que se resiste a otras que se esfuerzan por penetrar en su interior, o si este concepto significa simplemente un espacio sin materia, en tanto dicho espacio es un conjunto de varios espacios, justamente como puede decirse de toda figura geométrica, que ocupa un espacio (es extensa); o aún si hay algo en el espacio que obligue a otro movible a penetrar en él más profundamente (atrayendo otros), porque, sostengo yo, mediante el concepto de ocupar un espacio todo esto permanece indeterminado, de suerte que *llenar un espacio* es una determinación más precisa del concepto *ocupar un espacio.*

Teorema 1

La materia llena un espacio no por su mera existencia, sino mediante una *fuerza motriz particular.*

Demostración

La penetración en un espacio (que en el instante inicial significa tendencia a penetrar) es un movimiento. La resistencia al movimiento es la causa de su disminución o, igualmente, su transformación en reposo. Ahora bien,

nada puede ser unido a un movimiento que lo disminuya o suprima, a no ser otro movimiento justamente de la misma cosa movible, en dirección contraria (cf. Foronomía, teorema). Por consiguiente, la resistencia que ofrece una materia en el espacio que ella llena a la penetración de otras materias, es una causa del movimiento de esta otra materia en una dirección contraria. Pero la causa de un movimiento se denomina fuerza motriz. Consecuentemente, la materia llena su espacio mediante una fuerza motriz y no por su simple existencia.

Observación

Lambert y otros denominaron la propiedad que la materia tiene de llenar un espacio, su *solidez* (una expresión demasiado confusa) y pretenden que se la admita en toda cosa que *exista* (sustancia), por lo menos en el mundo del sentido externo. Según sus conceptos, la presencia de algo *real* en el espacio tendría que implicar ya esta resistencia en virtud de su propio concepto y hacer, por consiguiente, de acuerdo con el principio de contradicción, que nada otro pueda ser al mismo tiempo en el espacio, en el que dicha cosa real se halla presente. Pero el principio de contradicción no rechaza ninguna materia que avanza con el fin de penetrar en un espacio en el que se encuentre otra materia. Unicamente entonces, cuando atribuyo una fuerza a lo que ocupa un espacio, para rechazar todo lo movible externo que se aproxima, puedo comprender cómo puede haber allí una contradicción, a saber, que el espacio ocupado por una cosa es penetrado por otra de la misma especie. El matemático ha supuesto aquí algo como un primer dato de la construcción del concepto de materia, pero este algo no admite ser construido de nuevo. Ahora bien, indudablemente él puede comenzar su construcción de un concepto a partir de cualquier dato arbitrario, sin tratar de explicarlo de nuevo. Pero, por eso, no está autorizado a explicar este dato como algo completamente incapaz de una construcción

matemática, razón por la cual él está impedido para remontarse a los primeros principios de la ciencia de la naturaleza.

Enunciado 2

La *fuerza de atracción* es la fuerza motriz por la que una materia puede ser la causa de la aproximación de otras materias a ella (o, en otros términos, por la que se resiste al alejamiento de otras materias de ella).

La *fuerza de repulsión* es aquella por la que una materia puede ser la causa del alejamiento de otras materias (dicho de otra manera, por la que ella se resiste a la aproximación de otras materias). Llamaremos a veces esta última fuerza, fuerza *impelente,* y la primera, fuerza *atractiva.*

Corolario

Estas son las dos únicas fuerzas motrices de la materia que pueden ser pensadas. Porque todo movimiento que una materia puede imprimir a otra —en este sentido cada una de ellas es considerada sólo como un punto— tiene que comprenderse siempre como impartido en la línea recta entre dos puntos. Sin embargo, en esta línea recta sólo son posibles dos clases de movimientos: por el primero, estos puntos se *alejan* uno del otro; por el segundo, ellos se *aproximan.* Pero la fuerza que es la causa del primer movimiento se llama *fuerza de repulsión,* y la fuerza causante del segundo, *fuerza de atracción.* Por tanto, sólo pueden pensarse estas dos clases de fuerzas, a las cuales deben reducirse todas las fuerzas del movimiento en la naturaleza material.

Teorema 2

La materia llena sus espacios mediante las fuerzas repulsivas de todas sus partes, es decir, gracias a su propia fuerza de expansión, la cual tiene un grado determinado

en el que pueden pensarse grados menores o mayores hasta el infinito.

Demostración

La materia llena un espacio solamente a través de una fuerza motriz (teorema 1); en realidad es una fuerza tal, que se resiste a la penetración de otras materias, es decir, a su aproximación. Ahora bien, ésta es una fuerza repulsiva (enunciado 2). La materia llena, por tanto, su espacio sólo mediante fuerzas repulsivas y, en realidad, en todas sus partes, porque de lo contrario una parte de este espacio no sería llenado, sino simplemente abarcado (contra lo supuesto). Pero la *fuerza de un cuerpo extenso en virtud de la fuerza de repulsión de todas sus partes es una fuerza de extensión* (expansiva). De este modo, la materia llena su espacio solamente por su propia fuerza de expansión; y éste era *el primer punto.* Más allá de toda fuerza motriz dada es necesario poder pensar una mayor, pues la fuerza, más allá de la que no es posible ninguna fuerza mayor, sería aquella que en un tiempo finito recorrería un espacio infinito (lo que es imposible). Además, debe poderse pensar bajo toda fuerza motriz dada una fuerza menor (puesto que la mínima sería aquella cuya adición infinita a ella misma en todo tiempo dado no podría producir ninguna velocidad finita, lo cual significa, empero, la carencia de toda fuerza motriz). Por consiguiente, bajo todo grado dado de una fuerza motriz tiene que poder darse siempre un grado menor; éste es el *segundo punto.* De esta manera, la fuerza de expansión por la que toda materia llena su espacio tiene su grado, que nunca es el máximo ni el mínimo, pero más allá del cual pueden encontrarse tanto mayores como menores hasta el infinito.

Corolario 1

La fuerza expansiva de una materia se denomina también *elasticidad.* Debido a que esta fuerza es ahora el

fundamento en que reposa el llenar el espacio como una propiedad esencial de toda materia, esta elasticidad tiene que llamarse *originaria* porque no se la puede derivar de ninguna otra propiedad de la materia. Toda materia es, entonces, originariamente elástica.

Corolario 2

Como puede encontrarse más allá de toda fuerza expansiva una fuerza motriz superior, y ésta puede obrar contra la primera y restringir así el espacio que la fuerza expansiva se esfuerza por extender, en cuyo caso esta fuerza motriz superior se llamaría compresiva. De este modo, tiene que poder encontrarse también para cada materia una fuerza comprensiva capaz de impeler esta materia desde cualquier espacio que ella llene en un espacio más pequeño.

Enunciado 3

Una materia *penetra* otra en su movimiento cuando la primera suprime completamente por compresión el espacio de expansión de esta última.

Observación

Cuando en un cilindro de una bomba lleno de aire se acciona el pistón cada vez más cerca del fondo, la materia, es decir, el aire, se encuentra comprimida. Ahora bien, si esta compresión pudiera accionarse hasta tal punto que el pistón tocara completamente el fondo (sin que escape la más pequeña partícula de aire), la materia del aire sería penetrada, pues las materias entre las que se encuentra no le dejarían ningún espacio restante, y entonces tendría que encontrarse entre el pistón y el fondo, sin ocupar un espacio. Esta penetrabilidad de la materia por

fuerzas compresivas externas, si alguien estuviera dispuesto a admitirla o simplemente a pensarla, podría llamarse penetrabilidad *mecánica.* Yo tengo razones para diferenciar mediante dicha limitación esta penetrabilidad de la materia, de otra clase, cuyo concepto es quizá tan imposible como el primero. Más adelante quisiera tener la ocasión de hacer alguna observación sobre esta otra clase de penetrabilidad.

Teorema 3

La materia puede ser ***comprimida*** hasta el infinito, pero nunca puede ser ***penetrada*** por otra materia, por grande que sea la fuerza de ***compresión*** de esta última.

Demostración

Una fuerza originaria con la que una materia se esfuerza por extenderse por todas partes, más allá del espacio dado que ella ocupa, tiene que ser mayor cuando es comprendida en un espacio más pequeño, y debe ser infinita cuando es comprimida en un espacio infinitamente pequeño. Ahora bien, para cualquier fuerza expansiva dada de la materia, puede encontrarse una fuerza compresiva más grande que comprima la primera en un espacio más limitado y así hasta el infinito; éste era el primer punto.

Pero para la penetración de la materia es necesario comprimirla en un espacio infinitamente pequeño y disponer, por consiguiente, de una fuerza compresiva infinita, pero tal fuerza es imposible. Por tanto, una materia no puede ser penetrada por la compresión de ninguna otra materia; éste es el segundo punto.

Observación

En esta demostración he supuesto desde el mismo comienzo que, mientras más comprimida haya sido una fuer-

za expansiva, más fuerte debe ser su reacción. Esto no sería válido, en realidad, para toda clase de fuerzas elásticas, que son sólo derivadas. Pero esto puede postularse en una materia a la que corresponde una elasticidad esencial, en tanto es materia que en general llena un espacio, pues la fuerza expansiva que se ejerce desde todos los puntos hacia todos los lados constituye incluso el concepto de esta elasticidad. Pero justamente el mismo *quantum* de fuerzas expansivas, traído a un espacio más pequeño, debe en todo punto de este espacio repeler con tanta mayor fuerza cuanto menor sea inversamente el espacio en que un cierto *quantum* de fuerza extiende su actividad.

Enunciado 4

Llamo *relativa a la impenetrabilidad* de la materia que estriba en una resistencia, la cual aumenta proporcionalmente a los grados de compresión. Pero la que depende del *supuesto* de que la materia como tal no es capaz de compresión alguna, se llama impenetrabilidad *absoluta*.

El *llenar el espacio* con impenetrabilidad absoluta puede denominarse *matemático*; aquél con impenetrabilidad meramente relativa puede llamarse el llenar *dinámico* del espacio.

Observación 1

De acuerdo con el concepto simplemente matemático de impenetrabilidad (el cual no supone ninguna fuerza motriz como originariamente propia de la materia), ninguna materia es capaz de compresión, a no ser que contenga en sí misma espacios vacíos; por eso, la materia en cuanto materia resiste a toda penetración con una necesidad absoluta. Pero, conforme a nuestra discusión de esta propiedad, la impenetrabilidad tiene un fundamento físico, pues la fuerza expansiva misma hace ante todo po-

sible la extensión de la materia que llena su espacio. Pero esta fuerza tiene un grado que puede ser sobrepasado, y por ende, el espacio de expansión de la materia puede ser disminuido, es decir, su espacio puede ser penetrado por una fuerza compresiva dada, aunque sólo de tal manera que la completa penetración requeriría una fuerza compresiva infinita; a causa de todo esto, *el llenar un espacio sólo puede ser considerado como impenetrabilidad relativa.*

Observación 2

La impenetrabilidad absoluta no es, en efecto, ni más ni menos, que una *qualitas occulta.* Pues quien pregunta: ¿por qué razón las materias en su movimiento no pueden penetrarse entre sí?, obtiene una respuesta: porque son impenetrables. El llamado a la fuerza repulsiva está libre de esta objeción. Pues, aunque esta fuerza tampoco puede explicarse ya conforme a su posibilidad, y tenga que admitirse por eso como fuerza fundamental, proporciona, sin embargo, el concepto de una causa activa y de las leyes de esta causa, según las cuales el efecto, esto es, la resistencia en el espacio lleno, puede calcularse de acuerdo con sus grados.

Enunciado 5

La *sustancia material* es lo movible en el espacio en cuanto tal, es decir separada de todo lo otro que exista fuera de ella en el espacio. El movimiento de una parte de la materia, que de ese modo cesa de ser una parte, es la *separación.* La separación de las partes de materia es la *división física.*

Observación

El concepto de una sustancia significa el último sujeto de la existencia, esto es, aquello que a sí mismo no per-

tenece de nuevo simplemente como predicado a la existencia de algo otro. Ahora bien, la materia es el sujeto de todo lo que puede ser numerado en el espacio, como perteneciente a la existencia de las cosas, pues fuera de la materia no puede pensarse ningún sujeto, salvo el espacio mismo. Pero el espacio es un concepto que aún no contiene nada existente, sino solamente las condiciones necesarias de las relaciones externas de los objetos posibles del sentido externo. La materia es, entonces, como lo movible en el espacio, la sustancia en este espacio. Pero justamente de la misma manera, todas las partes de la materia tendrán que llamarse también sustancias, en tanto sólo puede decirse de ellas que son sujetos y no simplemente predicados de otras materias, y por eso dichas partes tendrán que llamarse a su turno materias. Estas son, a su vez, sujetos, si son movibles a partir de sí mismas y, por tanto, fuera de su enlace con otras partes contiguas, son también algo existente en el espacio. Consecuentemente, la propia movilidad de la materia o de alguna de sus partes es, al mismo tiempo, una prueba de que esto movible y cada una de sus partes movibles es sustancia.

Teorema 4

La materia es *divisible* hasta el *infinito,* y lo es en partes, cada una de las cuales es a su vez materia.

Demostración

La materia es impenetrable y, en realidad, mediante su fuerza expansiva originaria (teorema 3); pero esta fuerza es sólo la consecuencia de las fuerzas repulsivas de cada punto en un espacio lleno de materia. Ahora bien, el espacio que llena la materia es matemáticamente divisible hasta el infinito, es decir, sus partes pueden ser diferenciadas hasta el infinito, aunque sin ser movidas y, en

consecuencia, no pueden ser separadas (según las demostraciones geométricas). Pero en un espacio lleno con materia cada parte del mismo contiene fuerza repulsiva para obrar por todos sus lados contra las restantes, por tanto, para rechazarlas y también para ser rechazada por ellas, es decir, movida a una distancia de ellas. De este modo, toda parte del espacio lleno por materia es movible por sí misma; por consiguiente, separable de las partes restantes por división física, en tanto es sustancia material. Así, tanto como se extienda la divisibilidad matemática del espacio que llena una materia, igualmente se extiende la división física posible de la sustancia que lo llena. Pero la divisibilidad matemática se extiende hasta el infinito; por tanto, también la divisibilidad física, es decir, toda materia es divisible hasta el infinito, y lo es en partes, cada una de las cuales es a su vez sustancia material.

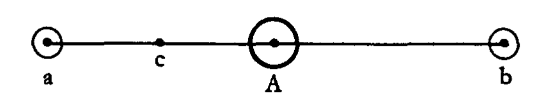
Observación 1

Con la demostración de la divisibilidad infinita del espacio se está aún lejos de probar la de la materia, si no se ha mostrado previamente que hay sustancia material en cada parte del espacio, es decir, que se pueden encontrar allí partes movibles por sí mismas. Porque si un *monadista* quisiera suponer que la materia consiste en puntos físicos, cada uno de los cuales posee (por esta razón) partes movibles, sin embargo, llena un espacio por la mera fuerza repulsiva, podría admitir así que este espacio es dividido al mismo tiempo, pero no la sustancia que actúa en él, por tanto, que es dividida la esfera de actividad de esta sustancia, pero no el sujeto mismo movible que actúa al mismo tiempo dividido por la división del espacio. De este modo él podría componer la materia de partes físicamente indivisibles y permitirle, sin embargo, ocupar un espacio en un *sentido dinámico.*

Pero, por la demostración anterior, este subterfugio le está completamente vedado al monadista, pues a partir de esta demostración puede verse claramente que en un

espacio lleno no puede existir ningún punto que por sí mismo no ejerza repulsión por todo lado, del mismo modo como es repelido, es decir, como un sujeto antagónico, en sí mismo movible, que se encuentre por fuera de todo otro punto repulsivo. Es además claro que la hipótesis de un punto que llene un espacio en virtud de una fuerza impelente, y no por medio de fuerzas igualmente repulsivas, es absolutamente imposible. Con el fin de hacer intuible este asunto y, por tanto, igualmente la demostración del teorema precedente, supongamos que *A* sea el lugar de una mónada en el espacio, *ab* el diámetro de la esfera de su fuerza repulsiva y *aA* el radio de esta esfera. De esta manera, entre *a*, donde se resiste a la penetración de una mónada externa en el espacio ocupado

FIG. 4



por esta esfera, y *A* el centro de la esfera, es posible señalar un punto *c* (conforme a la divisibilidad infinita del espacio). Ahora bien, si *A* resiste lo que tiende a penetrar en *a*, entonces también *c* debe resistir a los dos puntos, *A* y *a*, porque de no ser así ellos se aproximarían el uno al otro sin obstáculo. Por consiguiente, *A* y *a* se encontrarían en el punto *c*, es decir, el espacio sería penetrado. Tiene que haber, por tanto, algo en *c* que resista a la penetración de *A* y *a*, y repela así la mónada *A*, tanto como este algo es repelido también por la mónada. Ahora bien, puesto que la *repulsión* es un movimiento, *c* es algo movible en el espacio, es decir, materia; y el espacio entre *A* y *a* no podría ser llenado por la esfera de la actividad de una única mónada, por tanto, tampoco el espacio entre *c* y *A*, y así hasta el infinito.

Los matemáticos se representan las fuerzas repulsivas de las partes de materias elásticas, más o menos compri-

midas, como crecientes o decrecientes, según una cierta proporción de sus distancias recíprocas, de tal manera, por ejemplo, que las partes más pequeñas del aire se repelan entre sí en proporción inversa a sus distancias, porque la elasticidad de las mismas permanece en proporción inversa a los espacios en que son comprimidas. De este modo, se está completamente errado en cuanto a su sentido y se interpreta mal su lenguaje cuando se otorga al objeto mismo del concepto lo que pertenece necesariamente al procedimiento de la construcción de un concepto, pues según este procedimiento, todo contacto puede representarse como una distancia infinitamente pequeña, lo cual debe suceder también necesariamente en aquellos casos en que un espacio grande o pequeño debe representarse como completamente lleno por la misma cantidad de materia, es decir, por uno y el mismo *quantum* de fuerzas repulsivas. Cuando se trata de algo divisible hasta el infinito, no se puede suponer por esta razón un distanciamiento real de las partes que conforman siempre un *continuum* en toda ampliación del espacio total, a pesar de que la posibilidad de esta ampliación sólo pueda representarse en la intuición bajo la idea de un distanciamiento infinitamente pequeño.

Observación 2

La matemática puede ser, en realidad, completamente indiferente en su uso interno con respecto a los embrollos de una metafísica errónea, y perseverar en la posesión segura de sus afirmaciones evidentes de la *infinita divisibilidad del espacio,* a pesar de las objeciones que sobre su curso puedan ser introducidas contra dicha divisibilidad por una sofistería sutil suspendida de meros conceptos. Pero en la aplicación de sus proposiciones, válidas para el espacio, a la sustancia que lo llena, tiene que admitir, empero, un examen de los meros conceptos, es decir, hacer metafísica. El teorema anterior es ya una prueba de esto porque, a pesar de que la materia es infi-

nitamente divisible desde el punto de vista matemático, no se sigue necesariamente que la materia sea físicamente divisible hasta el infinito, si toda parte del espacio es a su vez un espacio e incluye, por consiguiente, siempre partes externas unas de otras, pues de este último hecho no se puede demostrar que en toda parte posible de este espacio *lleno* hay también *sustancia,* y que consecuentemente esta sustancia existe como movible por sí misma, separada de todas las restantes. De este modo, faltó hasta ahora aún algo a la demostración matemática, sin lo cual no podía tener ninguna aplicación segura a la ciencia de la naturaleza. Se ha superado esta deficiencia gracias al teorema anterior. Pero en lo que concierne a los otros ataques de la metafísica contra el *teorema físico* de la infinita divisibilidad de la materia, el matemático tiene que dejárselos completamente al filósofo que, sin este requisito, se aventura con sus objeciones en un laberinto donde le será muy difícil encontrar salida a las preguntas que le conciernen directamente. El tiene entonces suficiente ocupación consigo mismo, sin que el matemático deba dejarse mezclar en este asunto. Si la materia es en sí misma divisible hasta el infinito (así razona el metafísico dogmático), *se compone de un conjunto infinito de partes,* pues un todo tiene que contener ya por anticipado todas las partes en su totalidad, en las que pueda dividirse. Esta última proposición es sin duda cierta, en cuanto concierne a un todo como *cosa en sí misma.* Ahora bien, no se puede admitir que la materia, y ni siquiera el espacio, *consiste en un número infinito de partes* (pues es contradictorio pensar un conjunto infinito como completo, ya que el concepto de un número infinito implica que no podrá ser nunca completamente acabado). Por consiguiente, es necesario atreverse a decir, contra la obstinación del geómetra: *El espacio no es divisible hasta el infinito,* o para escándalo del metafísico: *el espacio no es ninguna propiedad de una cosa en sí* y, por tanto, la materia no es una cosa en sí misma, sino un simple fenómeno de nuestro sentido externo en general, así como el espacio la forma esencial del mismo.

Aquí el filósofo se encuentra ahora perplejo entre los cuernos de un dilema peligroso. Negar la primera proposición, a saber, que el espacio es divisible hasta el infinito, es una empresa vana, puesto que razonamientos sutiles no pueden hacer nada sobre la matemática. Pero considerar la materia como una cosa en sí y, con ello, el espacio como una propiedad de las cosas en sí mismas, es lo mismo que negar esta primera proposición. El filósofo mismo se ve entonces obligado a desistir de la segunda afirmación, a saber, que la materia es una cosa en sí y el espacio una propiedad de las cosas en sí mismas, por muy común y satisfactoria que sea esta afirmación para el entendimiento común. Pero, naturalmente, se desprende de esta afirmación solamente bajo la condición de que en el caso de reducir materia y espacio a un fenómeno (al hacer del espacio simplemente la forma de nuestra intuición sensiblemente externa, y así de ambos, materia y espacio, no cosas en sí mismas, sino sólo modos subjetivos de representación de objetos en sí mismos desconocidos para nosotros), se le ayude también a salir de esta dificultad referente a la ***divisibilidad infinita*** de la materia, con lo cual ella ***no se compone, sin embargo, de un número infinito de partes***. Obviamente esto último puede ser pensado por la razón, aunque es imposible construir y hacer intuible este pensamiento. Porque con respecto a lo que es real solamente por su ser dado en la representación, no es dado más que lo encontrado en la representación, o sea, hasta donde se extienda la progresión de las representaciones. Por consiguiente, de los fenómenos cuya división va hasta el infinito, sólo puede decirse que son tantas las partes del fenómeno cuantas nosotros demos, es decir, hasta donde podamos dividir. Pues las partes pertenecientes a la existencia de un fenómeno solamente existen en el pensamiento, esto es, en la división misma. Ahora bien, es verdad que la división se extiende hasta el infinito, pero no se da nunca como infinita. De acá no se sigue, por tanto, que lo divisible contenga en sí mismo un conjunto infinito de partes y fuera de nuestra representación en sí, precisamente porque su división se ex-

tiende hasta el infinito. En efecto, no es la división de la cosa, sino solamente la división de su representación, lo que puede continuarse hasta el infinito, y en el objeto (que en sí es desconocido) no puede ser nunca acabada y, por tanto, completamente dada. En consecuencia, una división de la representación tampoco puede probar una cantidad real infinita en el objeto (pues esta cantidad sería una contradicción expresa). Un gran hombre, que contribuye quizá más que nadie en Alemania a mantener el prestigio de la matemática, ha rechazado varias veces las pretensiones de los metafísicos de invalidar las proposiciones de la geometría concernientes a la divisibilidad infinita del espacio, mediante la advertencia bien fundada de que *el espacio sólo pertenece al fenómeno de las cosas externas*; pero no ha sido comprendido. Se ha interpretado esta proposición como si él quisiera decir que el espacio mismo se nos aparece, ya que de lo contrario sería una cosa o una relación de cosas en sí mismas, pero el matemático lo consideraría sólo como aparece. En lugar de esto, tendría que ser comprendido en el sentido de querer decir que el espacio no es ninguna propiedad perteneciente a una cosa en sí, por fuera de nuestros sentidos, sino solamente la forma subjetiva de nuestra sensibilidad. Bajo esta forma se nos aparecen objetos del sentido externo, pero no conocemos cómo son en sí mismos. A este fenómeno lo denominamos materia. La falsa interpretación anterior hacía pensar siempre el espacio como una propiedad inherente a las cosas mismas, por fuera de nuestra facultad de representación, propiedad que el matemático, se pensaba, sólo concebía según conceptos comunes, es decir, confusamente (pues es así como se define comúnmente el fenómeno). Por esta misma falsa interpretación se atribuía al teorema matemático de la divisibilidad infinita de la materia —proposición que presupone la más plena claridad sobre el concepto de espacio— una representación confusa del espacio que el geómetra tomaba como su fundamento. De esta manera permanecía abierta al metafísico la posibilidad de componer

el espacio de puntos y la materia de partes simples, y traer así (según su opinión) claridad a este concepto de espacio. La razón de este error radica en una falsa interpretación de la *Monadología,* la cual no pertenece de ningún modo a la explicación de los fenómenos de la naturaleza, sino que es un concepto *platónico* del mundo ejecutado por *Leibniz.* Este concepto es correcto en sí, en tanto el mundo es considerado no como objeto sensible, sino como una cosa en sí misma, es decir, simplemente como un objeto del entendimiento, en el que se fundan, sin embargo, los fenómenos de los sentidos. Ahora bien, la composición de las *cosas en sí mismas* tiene que constituirse ciertamente a partir de lo simple; pues las partes tienen que ser dadas aquí antes de toda composición. Pero *lo compuesto en el fenómeno* no está constituido por lo simple, porque en el fenómeno, el cual no puede darse jamás de otro modo que como compuesto (extensivo), las partes sólo pueden darse por división y, por tanto, no con anterioridad a lo compuesto, sino solamente en él mismo. Por eso, la intención de Leibniz, hasta donde entiendo, no consistía en explicar el espacio a través de un orden de esencias simples unas al lado de las otras, sino más bien en yuxtaponer este orden como correspondiente al espacio, pero perteneciente a la vez a un mundo puramente inteligible (desconocido para nosotros). El no ha querido mostrar algo distinto de lo expuesto en otra parte, a saber, que el espacio, así como la materia cuya forma es espacio, no contiene el mundo de cosas en sí mismas, sino solamente el fenómeno de dicho mundo, y él mismo no es más que la forma de nuestra intuición sensible externa.

Teorema 5

La posibilidad de la materia requiere de una *fuerza de atracción,* como segunda fuerza fundamental esencial de la materia.

Demostración

La impenetrabilidad, como la propiedad fundamental de la materia, por la que ésta se manifiesta primeramente en nuestra sensibilidad externa como algo real en el espacio, no es otra cosa que la capacidad de expansión de la materia (teorema 2). Ahora bien, una fuerza motriz esencial cuyas partes de la materia escapan unas de otras, no puede ser en primer término limitada por sí misma, puesto que así la materia es impelida por dicha fuerza a expandir continuamente el espacio que ella llena, y no puede, en segundo término, ser fijada tan sólo por el espacio en un cierto límite de extensión. Lo segundo puede contener en realidad el fundamento por el que la fuerza expansiva se hace más débil en proporción inversa al incremento del volumen de una materia que se expande, pero, puesto que toda fuerza motriz tiene la posibilidad de disponer hasta el infinito de grados cada vez más pequeños, no contendrá jamás el fundamento por el que esta fuerza cesaría de obrar en alguna parte. De esta manera, la materia por su sola fuerza de repulsión (que contiene el fundamento de su impenetrabilidad), si ninguna otra fuerza motriz contrarresta esta fuerza repulsiva, no sería retenida en su expansión por ningún límite, es decir, ella misma se dispersaría hasta el infinito, y en ningún espacio asignable se encontraría una cantidad asignable de materia. Consecuentemente, con las simples fuerzas repulsivas de la materia, todos los espacios serían vacíos, y no habría allí, en sentido estricto, ninguna materia. Toda materia exige entonces para su existencia fuerzas opuestas a las fuerzas de expansión, es decir, fuerzas compresivas. Pero éstas a su vez no pueden buscarse originariamente en la tendencia opuesta de otra materia, porque ésta requiere asimismo de una fuerza compresiva, con el fin de poder ser materia. Es preciso admitir de este modo una fuerza originaria de la materia que obre en una dirección opuesta a la fuerza repulsiva y que produzca la acción para la aproximación, es decir, una fuerza atractiva. Pues bien, puesto que esta fuerza de atracción

pertenece a la posibilidad de una materia, en tanto materia en general, y precede consecuentemente a todas las distinciones de la materia, esta fuerza no puede ser atribuida simplemente a un género particular de materia, sino más bien a toda materia general como fuerza originaria. Toda materia corresponde por tanto a una atracción originaria, como una fuerza fundamental que pertenece a su esencia.

Observación

Con respecto a la transición de una propiedad de la materia a otra específicamente diferente de ella, que de igual manera pertenece justamente al concepto de materia, *a pesar de no estar contenida en este concepto,* tiene que considerarse más de cerca el comportamiento de nuestro entendimiento. Si la fuerza de atracción misma se requiere originariamente para la posibilidad de la materia, ¿por qué no nos servimos tanto de ella como de la impenetrabilidad para la primera caracterización de la materia? ¿Por qué la impenetrabilidad se da inmediatamente con el concepto de materia, mientras la atracción no se piensa en el concepto, sino que sólo se le añade por inferencia? Decir que nuestros sentidos no nos dejan percibir esta atracción de manera tan inmediata como la repulsión y la resistencia de la impenetrabilidad, es una respuesta que no resuelve la dificultad de manera satisfactoria. Porque si tuviéramos asimismo tal facultad, es fácil comprender que nuestro entendimiento no elegiría, sin embargo, el llenar el espacio para caracterizar de este modo la sustancia en el espacio, es decir, la materia, ya que en este *llenar* el espacio o, como se dice usualmente, en esta *solidez,* es puesta la característica de la materia como una cosa diferente del espacio. La atracción, aunque pudiéramos percibirla muy bien, no nos revelaría nunca una materia de un *volumen* y de una *figura* determinados, sino simplemente la tendencia de nuestro órgano perceptivo para aproximarse a un punto fuera de nosotros (es decir,

al punto medio del cuerpo atrayente). En efecto, la fuerza de atracción de todas las partes de la tierra no puede afectarnos más, ni de otra manera, que si estuviera concentrada completamente en el centro mismo de la tierra y si este punto sólo obrara sobre nuestros sentidos; del mismo modo ocurre con la atracción de una montaña o de una piedra cualquiera, etc. Ahora bien, no obtenemos así un concepto determinado de algún objeto en el espacio, puesto que ni la figura, ni el tamaño, ni siquiera el lugar donde el objeto podría localizarse, pueden caer bajo el dominio de nuestros sentidos (la mera dirección de la atracción podría ser percibida, como en el caso del peso; el punto de atracción permanecería desconocido y yo no comprendo muy bien cómo podría descubrirse por medio de inferencias sin la percepción de la materia, en tanto llena un espacio). Es entonces claro que la primera aplicación de nuestros conceptos de *magnitudes* a la materia, a través de la cual es primero posible para nosotros transformar nuestras percepciones externas en el concepto de experiencia de una materia como objeto general, sólo se funda en la propiedad de la materia de llenar un espacio. Por medio del sentido de la impresión (*Gefühl*), esta propiedad nos proporciona el tamaño y la figura de una cosa extensa, y por tanto el concepto de un objeto determinado en el espacio; este concepto constituye el fundamento de todo lo que puede decirse, además, sobre esta cosa. Esta es sin duda la causa por la cual, a pesar de las pruebas más claras de que la atracción tendría que pertenecer, tanto como la repulsión, a las fuerzas fundamentales de la materia, uno se resiste tanto, sin embargo, a la primera fuerza, y no quiere admitir de ningún modo otras fuerzas motrices, a no ser por choques y presión (ambas por medio de la impenetrabilidad). Se dice, en efecto, que lo que llena el espacio es la sustancia, y eso es correcto. Pero esta sustancia nos revela su existencia por los sentidos, a través de los cuales percibimos su impenetrabilidad, a saber, por la impresión; de este modo revela su existencia solamente en relación con el contacto, cuyo comienzo se llama impacto (en la aproximación de una ma-

teria a otra) pero cuya continuación se llama presión. Parece así como si toda acción inmediata de una materia sobre otra no pudiera ser nunca otra cosa que presión o impacto, dos influencias sobre las que tan sólo podemos tener una sensación inmediata; por el contrario, la atracción, que no puede darnos en sí ninguna sensación ni un objeto determinado de nuestra sensación, es para nosotros muy difícil de pensar como una fuerza fundamental.

Teorema 6

Por simple atracción, sin repulsión, no es posible ninguna materia.

Demostración

La fuerza atractiva es la fuerza motriz por la que una materia, al impeler otra, se aproxima a ella. En consecuencia, si dicha fuerza se encuentra entre todas las partes de la materia, entonces ésta tiende por medio de tal fuerza a disminuir la distancia de sus partes entre sí y, por tanto, el espacio que ellas ocupan conjuntamente. Ahora bien, nada puede impedir la acción de una fuerza motriz, a no ser otra fuerza motriz contraria a ella; pero la fuerza que se opone a la atracción es la fuerza repulsiva. De este modo, por mera aproximación, y sin fuerzas repulsivas, todas las partes de la materia se acercarían unas a otras sin encontrar obstáculos, y reducirían el espacio que la materia ocupa. Puesto que ahora, en el supuesto no hay ninguna distancia entre las partes con respecto a la cual una mayor aproximación por atracción se hubiera hecho imposible por medio de una fuerza repulsiva, las partes se aproximarían hasta no encontrar ya una distancia entre ellas, es decir, confluirían en un punto matemático y el espacio se encontraría vacío y, por tanto, sin materia alguna. Por consiguiente, es imposible una materia solamente por medio de fuerzas de atracción, sin fuerzas repulsivas.

Corolario

La propiedad en que reposa, como condición, la posibilidad interna de una cosa, es una parte esencial de su posibilidad. Por consiguiente, la fuerza repulsiva pertenece justamente tanto a la esencia de la materia como la fuerza atractiva; y ninguna puede ser separada de la otra en el concepto de materia.

Observación

Puesto que no pueden pensarse más que dos fuerzas motrices en el espacio, la repulsión y la atracción, era previamente necesario, para probar *a priori* la unión de ambas en el concepto de una materia en general, considerar cada una separadamente, con el fin de ver lo que ella, tomada en sí, podría ofrecer para la presentación de la materia. Se muestra ahora que, tanto si no se toma por base ninguna de las dos como también si se asume simplemente una de ellas, el espacio siempre permanece vacío en los dos casos y no se encuentra ninguna materia en él.

Enunciado 6

El contacto, en sentido físico, es la acción y la reacción inmediatas de la *impenetrabilidad*. La acción de una materia sobre otra por fuera del contacto es la *acción a distancia* (*actio in distans*). Esta acción a distancia, la cual es posible también sin la mediación de una materia que se halle entre ellas, se llama acción inmediata a distancia o también *acción* de las materias unas sobre otras *a través del espacio vacío.*

Observación

El contacto en sentido matemático es el límite común a dos espacios, y no se encuentra, por tanto, dentro del

uno ni del otro. Por eso, las líneas rectas no pueden tocarse; pero si tienen un punto común, él pertenece tanto al interior de la una como de la otra de estas líneas cuando se prolongan, es decir, se cortan. Pero círculo y línea recta, o bien círculo y círculo, se tocan en un punto, las superficies en una línea y los cuerpos en superficies. El contacto físico se basa en el contacto matemático, pero éste no lo constituye por sí solo. Con el fin de que el contacto físico surja del matemático es necesario aún que se añada una relación dinámica y, en realidad, no de las fuerzas atractivas, sino de las repulsivas, es decir, de impenetrabilidad. El contacto físico es la acción recíproca de las fuerzas repulsivas en el límite común de dos materias.

Teorema 7

La atracción esencial de toda materia es una acción inmediata de esta materia sobre otras mediante el espacio vacío.

Demostración

La fuerza atractiva originaria contiene en sí misma el principio de posibilidad de la materia, como la cosa que llena un espacio en un determinado grado, y contiene, por tanto, la posibilidad de un contacto físico de esta materia. Esta fuerza atractiva debe preceder entonces al contacto físico de la materia, y su acción debe ser, consecuentemente, independiente de la condición del contacto. Ahora bien, la acción de una fuerza motriz que es independiente de todo contacto, no depende ya del llenar el espacio entre lo motriz y lo movido, es decir, dicha acción debe tener lugar también sin que se llene el espacio entre lo que mueve y lo movido, por tanto, como una acción a través del espacio vacío. Es así como la atracción originaria y esencial de toda materia es una acción

inmediata de esta materia sobre otras mediante el espacio vacío.

Observación 1

Exigir que se haga comprensible la posibilidad de las fuerzas fundamentales es algo completamente imposible, pues ellas se llaman precisamente fundamentales porque no pueden derivarse de ninguna otra fuerza, es decir, no pueden ser comprendidas. Pero la fuerza originaria atractiva no es menos *incomprensible* que la fuerza originaria de repulsión. La fuerza atractiva originaria no se ofrece a los sentidos de manera tan inmediata como la impenetrabilidad, para proporcionarnos conceptos de objetos determinados en el espacio. Puesto que ella no puede ser sentida (*gefühlt*) como atracción, sino simplemente inferida, tiene la apariencia de ser una fuerza derivada, como si fuera solamente un juego oculto de fuerzas motrices producido por repulsión. Al considerar más de cerca la atracción, vemos que no puede derivarse de ningún elemento, al menos de la fuerza motriz de la materia a través de su impenetrabilidad, ya que su acción se opone precisamente a la impenetrabilidad. La objeción más común contra la acción inmediata a distancia es: una materia no puede actuar inmediatamente *allí donde no está*. Cuando la tierra atrae inmediatamente la luna aproximándosele, la tierra actúa sobre una cosa que está alejada de ella miles de millas y, sin embargo, actúa inmediatamente. El espacio entre la tierra y la luna puede considerarse también como completamente vacío, pues, a pesar de que se encuentren cuerpos de materia entre ellas, ésta no afecta en nada la atracción. Por tanto, la atracción actúa en un lugar donde ella no está; algo aparentemente contradictorio. Pero es tan poco contradictorio, que más bien puede decirse que toda cosa en el espacio sólo obra sobre otra en un lugar, donde no está la cosa que actúa. En efecto, si la cosa actuara en el mismo lugar donde ella se encuentra, la cosa sobre la que actúa no estaría entonces *fuera de ella*; porque este «*fuera de*»

significa la presencia en un lugar donde la otra cosa está ausente. Asimismo, si la tierra y la luna se tocaran, el punto de contacto sería, por tanto, en un lugar en el que no estarían ni la tierra ni la luna, por cuanto ambos cuerpos estarían aún alejados el uno del otro por la suma de sus radios. Además, en el punto de contacto no se encontrarían ninguna parte de la tierra ni de la luna, porque este punto se halla en el límite de ambos espacios llenos, y este límite no hace parte ni del uno ni del otro. Decir entonces que dos materias no pueden obrar a distancia inmediatamente una sobre otra, equivaldría a decir que no pueden actuar la una sobre la otra de manera inmediata sin la mediación de las fuerzas de impenetrabilidad. Esto sería justamente como si dijera: las fuerzas repulsivas son las únicas por medio de las que pueden actuar las materias o, por lo menos, las condiciones necesarias bajo las cuales sólo las materias pueden obrar unas sobre otras. Esto declararía la fuerza de atracción completamente imposible o siempre dependiente de la acción de las fuerzas repulsivas; pero ambas son afirmaciones sin ningun fundamento. La confusión entre el contacto matemático de los espacios y el contacto físico por fuerzas repulsivas constituye aquí la razón de la incomprensión. Atraerse inmediatamente fuera de todo contacto es aproximarse de acuerdo a una ley constante, sin que una fuerza repulsiva contenga la condición para dicha aproximación, lo cual tiene que poder pensarse tan bien como dos cuerpos que se rechazan inmediatamente uno al otro, es decir, que escapan uno del otro siguiendo una ley constante, sin que la fuerza atractiva contribuya de algún modo en este resultado. Porque ambas fuerzas motrices son de clases muy diferentes y no existe la menor razón para hacer la una dependiente de la otra y negarle toda posibilidad a la una sin la mediación de la otra.

Observación 2

Ningún movimiento puede proceder de la atracción en el contacto, porque el contacto es una acción recíproca

de la impenetrabilidad que impide todo movimiento. Tiene que encontrarse consecuentemente alguna atracción inmediata por fuera del contacto y, por tanto, a distancia. De lo contrario, las fuerzas de presión e impacto, que deben producir la tendencia a la aproximación, no podrían tener ninguna causa o, al menos, una causa que se halle originariamente en la naturaleza de la materia, ya que ellas actúan con la fuerza repulsiva de la materia en dirección opuesta [a la atracción]. La atracción que sucede sin mediación de fuerzas repulsivas puede denominarse atracción *verdadera,* y la que sólo se produce por esta mediación, atracción *aparente;* porque, en el fondo, un cuerpo al que otro sólo se esfuerza por aproximarse, no ejerce ninguna fuerza atractiva sobre este otro cuerpo, porque éste ha sido impelido hacia el primer cuerpo desde otra parte por impacto. Sin embargo, igualmente estas atracciones aparentes deben tener por último una atracción verdadera como fundamento, porque la materia, cuya presión e impacto debe servir de atracción, no sería ni siquiera materia sin fuerzas atractivas (teorema 5). Por consiguiente, la explicación de todos los fenómenos de aproximación, mediante la atracción simplemente *aparente,* se convierte en un círculo vicioso. Se cree usualmente que Newton no ha encontrado necesario para su sistema suponer una atracción inmediata de la materia, sino que al conformarse con la más severa austeridad de la matemática pura, ha dejado a los físicos toda libertad para explicar la posibilidad de dicha atracción, de modo que pudieran encontrarla convenientemente, sin inmiscuir sus proposiciones en su juego de hipótesis. No obstante, ¿cómo podía establecer él la proposición, según la cual la atracción universal que los cuerpos ejercen en torno a ellos en distancias iguales es proporcional a la cantidad de su materia, si no admitiera que toda materia ejerce esta fuerza motriz simplemente como materia y gracias a su naturaleza esencial? Pues ciertamente, en el caso de dos cuerpos —pueden ser homogéneos o no por su materia— si uno atrae al otro, la aproximación recíproca (según la ley de igualdad de la acción recíproca), tiene que

suceder siempre en proporción inversa a la cantidad de materia. Esta ley sólo constituye, sin embargo, un principio de la mecánica y no de la dinámica, es decir, es una ley de *movimientos* que resultan de fuerzas atractivas, pero no de la proporción de las *fuerzas atractivas* mismas, y esta ley es válida para todas las fuerzas motrices en general. Por eso, si un imán es atraído una vez por otro imán igual y otra vez por el mismo imán, encerrado, sin embargo, en una caja de madera dos veces más pesada, entonces en el último caso este segundo imán comunicará al primer imán más movimiento relativo que en el último caso, aunque la caja de madera que aumenta la cantidad de materia del segundo imán no contribuya en nada a su fuerza atractiva y no manifieste ninguna atracción magnética de la caja. Newton dice (*Cor. 2, Prop. 6,* Lib. III, *Princip. Phil. N.*): «Si el éter, o cualquier otro cuerpo, careciera por completo de gravedad, puesto que no se distinguiría de alguna otra materia más que por la forma, podría transformarse entonces poco a poco por un cambio gradual de esta forma en una materia de la clase de las que gravitan más sobre la tierra, y esta última puede perder inversamente, por un cambio gradual de su forma, toda su gravedad, lo cual es contrario a la experiencia, etc.» De este modo, él no excluyó entonces el éter (y mucho menos otras materias) de la ley de la atracción. ¿Qué clase de materia podía entonces quedar para que pudiéramos considerar la aproximación recíproca de los cuerpos entre sí por medio de su impacto, como una atracción simplemente aparente? Por consiguiente, si nos tomamos la libertad de distinguir la atracción verdadera, que él afirmaba, de una aparente, y suponemos la *necesidad* del impulso por el impacto para explicar el fenómeno de aproximación, entonces no podemos citar a este gran fundador de la *teoría de atracción* como nuestro precursor. Newton hacía abstracción, con todo derecho, de todas las hipótesis, al responder a la pregunta por la causa de la atracción universal de la materia, pues esta pregunta es de orden físico o metafísico, pero no de orden matemático. Y aunque díga en el prefacio a la

segunda edición de su *Optica*: «*ne quis gravitatem inter essentiales corporum proprietates me habere existimet, quaestionen unam de eius causa investiganda subieci*» [1], se observa que la ofensa expresada por sus contemporáneos y que quizá él mismo compartía, con respecto al concepto de atracción originaria, lo había puesto en desacuerdo consigo mismo. Porque él no podía decir absolutamente que las fuerzas atractivas de dos planetas, por ejemplo de Júpiter y Saturno, que se demuestran por las distancias iguales de sus satélites (cuya masa no se conoce), son proporcionales a la cantidad de materia de esos cuerpos celestes, a menos que admitiera que lo son simplemente como materia; por tanto, de acuerdo con una propiedad general de la misma, la atracción de otras materias.

Enunciado 7

Una fuerza motriz por la que las materias sólo pueden actuar de manera inmediata unas sobre otras en la superficie común de contacto, la llamo una *fuerza superficial*; pero aquella por la que una materia puede actúar inmediatamente sobre las partes de otra, más allá de la superficie de contacto, la llamo una *fuerza penetrante.*

Corolario

La fuerza de repulsión, mediante la cual la materia llena un espacio, es simplemente una fuerza superficial. Pues las partes que se tocan entre sí limitan recíprocamente su campo de acción. La fuerza repulsiva no puede mover ninguna parte más alejada, sin mediación de las que se hallan entre ellas, y una acción inmediata (que se ejerce

1 «Para mostrar que no considero que la gravedad sea una propiedad esencial de los cuerpos, he añadido una cuestión relativa a su causa.» (Esta traducción ha sido tomada de Carlos Solís. *Optica*, Ed. Alfaguara, p. 4).

a través de estas partes) de una materia sobre otra por medio de fuerzas expansivas, es imposible. Por el contrario, ninguna materia intermediaria limita una fuerza atractiva. Mediante dicha fuerza, una materia ocupa un espacio *sin llenarlo*; de este modo, la materia actúa sobre otras materias alejadas a través del *espacio vacío,* y ninguna materia que media limita la acción de dicha fuerza. Tiene que pensarse así ahora la atracción originaria que hace posible la materia misma. Ella es, por consiguiente, una fuerza penetrante y por esta razón siempre proporcional a la cantidad de materia.

Teorema 8

La fuerza atractiva originaria, sobre la que reposa la posibilidad de la materia como tal, se extiende de manera inmediata por todo el universo hasta el infinito, de cada parte del universo a cada una de las otras partes.

Demostración

Puesto que la fuerza originaria de la atracción pertenece a la esencia de la materia, ella corresponde también a cada parte de la misma, con el fin de actuar inmediatamente a distancia. Si se supone ahora que hay una distancia, más allá de la cual la fuerza de atracción no se ejerce más, esta limitación de la esfera de su actividad dependería, o bien de la *materia* que se encuentra en el interior de esta esfera, o bien, simplemente, de la *magnitud* del espacio, sobre la que ella expande esta influencia. El primer caso no tiene lugar, pues esta atracción es una fuerza penetrante y obra *inmediatamente* a distancia a través de todo espacio como un espacio vacío, a pesar de todas las materias interpuestas. El segundo tampoco tiene lugar. Porque, puesto que toda atracción es una fuerza motriz que tiene un grado, más allá del cual pueden pensarse siempre grados menores, hasta el infinito, en la distancia mayor se hallaría, en realidad, una razón para disminuir

el grado de atracción en proporción inversa a la cantidad de difusión de la fuerza, pero nunca para suprimirla completamente. Ahora bien, como no hay nada que limite la esfera de la actividad de la atracción originaria de la materia en alguna parte, esta atracción se extiende a cualquier otra materia, más allá de todos los límites asignables y, por consiguiente, por todo el universo, hasta el infinito.

Corolario 1

A partir de esta fuerza atractiva originaria, como una fuerza penetrante ejercida por toda materia y sobre toda materia, por tanto, en proporción a la cantidad de materia y difundiendo su acción por todas las amplitudes posibles, tendría que poderse derivar ahora, en conexión con la fuerza repulsiva que obra en sentido contrario, la limitación de esta última y, en consecuencia, la posibilidad de un espacio lleno en un grado determinado. De este modo podría construirse entonces el concepto dinámico de la materia como lo movible que llena su espacio (en un grado determinado). Sin embargo, para esta construcción se requiere de una ley de la relación, tanto de la atracción originaria como de la repulsión, en diversas distancias de la materia y de sus partes entre sí. Como esta ley reposa solamente en la diferencia de dirección de ambas fuerzas (puesto que se impele un punto, ya para aproximarse a otros puntos, ya para alejarse de ellos) y en la magnitud del espacio, en el que cada una de estas fuerzas se difunde en amplitudes diferentes, esta ley es un puro problema matemático que no concierne más a la metafísica. La metafísica no sería responsable si el intento de construir así el concepto de materia no se coronara con éxito, ya que ella garantiza solamente la veracidad de los elementos de la construcción que son atribuidos a nuestro conocimiento racional, pero no es responsable de la insuficiencia y de los límites de nuestra razón en la ejecución de la construcción.

Corolario 2

Puesto que toda materia dada debe llenar su espacio con un grado determinado de fuerza repulsiva, para constituir una cosa material determinada, sólo una atracción originaria en conflicto con la fuerza repulsiva originaria puede hacer posible un grado determinado del llenarse del espacio y hacer posible, por tanto, la materia. Ahora bien, puede ocurrir que la atracción implícita en este determinado grado del llenarse del espacio proceda de la atracción propia de las partes de la materia comprimida entre sí, o de la unión de esta materia comprimida con la atracción de toda la materia del mundo.

La atracción originaria es proporcional a la cantidad de materia y se extiende hasta el infinito. De este modo, el grado determinado del llenarse del espacio por medio de la materia sólo puede producirse finalmente por la atracción de la materia que se extiende hasta el infinito; dicho grado determinado del llenarse del espacio puede impartirse entonces a toda materia, conforme al grado de su fuerza repulsiva.

La acción de la atracción universal que toda materia ejerce sobre todas las otras y en toda distancia se llama *gravitación*; la tendencia a moverse en la dirección de la gravitación mayor es *el peso*. La acción de la fuerza repulsiva general, común a las partes de toda materia dada, se llama su *elasticidad* originaria. Esta y el peso constituyen, por tanto, las únicas características generales de la materia comprensibles *a priori*; la primera es interna y la última implica una relación externa; pues la posibilidad de la materia misma se funda en los principios de estas dos fuerzas. Si se explica la *cohesión* como atracción recíproca de la materia, en tanto es limitada simplemente por la condición del contacto, entonces dicha cohesión no pertenece a la posibilidad de la materia en general y no puede conocerse, por tanto, *a priori*, como unida a la materia. Esta propiedad no sería entonces metafísica, sino física, y no pertenecería por eso a nuestras consideraciones presentes.

Observación 1

No puedo omitir, naturalmente, una pequeña observación preliminar como ayuda al intento de que quizá pueda ser posible dicha construcción.

1) Puede decirse de toda fuerza que obra inmediatamente en distancias diversas, con respecto al grado con que ella ejerce su acción motriz sobre cada punto dado en cierta distancia, y limitado solamente a la magnitud del espacio, en el que ella misma debe expandirse para obrar sobre este punto, que dicha fuerza constituye siempre un mismo *quantum* en todos los espacios en que ella se expande, tan pequeños o grandes como pueden ser, pero que el grado de su acción sobre aquel punto en este espacio, es siempre inversamente proporcional al espacio a través del cual ha tenido que expandirse, con el fin de poder actuar sobre dicho punto. Así, por ejemplo, la luz se expande por todas partes desde un punto luminoso, en superficies esféricas que aumentan siempre con el cuadrado de la distancia, y el *quantum* de la iluminación es siempre el mismo en todas estas superficies esféricas, las cuales devienen cada vez mayores, hasta el infinito. Por esta razón, una parte igual en alguna de estas superficies esféricas deberá ser, de acuerdo al grado, tanto menos iluminada cuanto mayor sea la superficie de difusión de la misma cantidad de luz. Y del mismo modo sucede con todas las otras fuerzas y leyes, según las cuales estas fuerzas tienen que expandirse, sea en las superficies, sea igualmente en un espacio corpóreo, con el fin de actuar sobre objetos distantes de acuerdo a su naturaleza. Es mejor representar la difusión de una fuerza motriz a partir de un punto en todas las amplitudes que por la vía ordinaria, tal como ocurre —entre otros casos— en la óptica mediante rayos circulares que parten de un punto central. Pues las líneas trazadas de esta manera no pueden llenar nunca el espacio por el que pasan ni, por consiguiente, la superficie que tocan, cualquiera que sea el número de ellas que se trace o se establezca; ésta es la

consecuencia inevitable de su divergencia. Ellas sólo proporcionan entonces resultados fatigosos, y éstos conducen a hipótesis que muy bien podrían evitarse si se considerara simplemente la magnitud de toda superficie esférica, que debe ser iluminada *uniformemente* por la misma cantidad de luz, y si se tomara, como es natural, el grado de la iluminación en cada lugar de esta superficie como inversamente proporcional a la magnitud de toda la superficie. Y lo mismo sucede con toda expansión de una fuerza a través de espacios de diferente magnitud.

2) Si la fuerza es una atracción inmediata a distancia, las líneas de dirección de la atracción tienen que representarse aún menos como rayos que se emiten desde el punto de atracción, sino, por el contrario, tienen que representarse como convergentes en el punto de atracción desde todos los puntos de la superficie esférica circundante (cuyo radio es la distancia dada). Pues la línea de dirección del movimiento de este punto, el cual es la causa y la meta del movimiento, indica ya el *terminus a quo,* de donde las líneas deben partir, a saber, desde todos los puntos de la superficie. Estas líneas tienen su dirección desde este *terminus* hacia el centro atractivo, y no inversamente; pues es solamente la magnitud de esta superficie la que determina el conjunto de las líneas. El punto central las deja indeterminadas [1].

---

[1] Es imposible representar superficies en distancias dadas como como completamente llenas, con la acción de líneas que se propagan a partir de un punto como rayos, sea la acción iluminación o atracción. De este modo, en los rayos de luz que se propagan, la iluminación menos intensa de una superficie alejada reposaría solamente en el hecho de que entre los lugares iluminados permanecen aquellos que no son iluminados, y estos últimos son tanto mayores, cuanto más alejada esté la superficie. La hipótesis de Euler evita este inconveniente, pero tiene en realidad un tanto más de dificultad para hacer comprensible el movimiento rectilíneo de la luz. Pero esta dificultad proviene de una representación matemática, por supuesto evitable, de la materia luminosa como un agregado de partículas. Se la representa como un agregado de partículas que, de acuerdo a su posición diferentemente inclinada en la dirección del choque, produciría un movimiento oblicuo de luz, por cuanto en su lugar, nada impediría pensar esta materia como

3) Si la fuerza es una repulsión inmediata, con la que un punto (en la exposición simplemente matemática) llena *dinámicamente* un espacio, y si la pregunta que surge es: ¿de acuerdo a qué ley de las distancias infinitamente pequeñas (equivalentes aquí a los contactos) una fuerza repulsiva originaria (cuya limitación descansa consecuentemente sólo en el espacio en el que se ha expandido) actúa en distancias diferentes?, entonces se puede representar menos aún esta fuerza por medio de rayos divergentes de repulsión, provenientes del supuesto punto que repele, aunque la dirección del movimiento tenga este punto por *terminus a quo*. Porque el espacio, en el que la fuerza tiene que difundirse con el fin de actuar a distancia, es un espacio corpóreo que debe pensarse como lleno (en realidad, no se podría representar matemáticamente el modo, cómo un punto puede llenar un espacio corporalmente por fuerza motriz, es decir, dinámicamente) y los rayos divergentes que llegan desde un punto no pueden representar la fuerza repelente de un espacio lleno corporalmente. Por el contrario, se estimaría la repulsión en las diferentes distancias infinitamente pequeñas de los

---

un fluido originario y, en realidad, completamente, sin ser dividido en partículas fijas. Si el matemático quiere hacer intuible la disminución de la luz con el crecimiento de la distancia, él se sirve de rayos divergentes en un círculo, con el fin de representar sobre la superficie esférica de su difusión la magnitud del espacio, en el que la misma cantidad de luz debe expandirse uniformemente entre estos rayos, esto es, la disminución del grado de iluminación. Pero él no quiere que se consideren estos rayos como los únicos lugares de iluminación, como si se pudiera encontrar siempre entre ellos lugares desprovistos de luz, que se acrecentarían con la distancia. Si se quiere representar cada una de estas superficies como enteramente iluminadas, tendrá que pensarse la misma cantidad de iluminación que cubre la menor, como esparcida uniformemente sobre la mayor. Por consiguiente, para indicar la dirección rectilínea, deben trazarse líneas rectas desde la superficie y todos sus puntos hasta el punto luminoso. La acción y su magnitud tienen que pensarse previamente y luego especificarse su causa. Todo esto es justamente válido para los rayos de atracción, si se los quiere denominar así, y también para todas las direcciones de las fuerzas que deben llenar un espacio a partir de un punto, aun cuando se trate igualmente de un espacio corpóreo.

puntos que se repelen recíprocamente, sólo en proporción inversa a los espacios corpóreos que cada uno de estos puntos llena dinámicamente, es decir, en proporción inversa al cubo de sus distancias, sin poder construirlos.

4) Por tanto, la atracción originaria de la materia actuaría en proporción inversa al cuadrado de la distancia en todas las amplitudes, y la repulsión originaria en proporción inversa al cubo de las distancias infinitamente pequeñas. Mediante dicha acción y reacción de las dos fuerzas fundamentales, sería posible una materia por un determinado grado del llenarse de su espacio. En efecto, como la repulsión en la aproximación de las partes aumenta en mayor proporción que la atracción, el límite de aproximación, más allá del cual no sería posible uno mayor, se determina así por el grado de compresión, que constituye la medida del llenarse intensivo del espacio.

Observación 2

Veo muy bien la dificultad de esta manera de explicar la posibilidad de una materia en general. Esta dificultad consiste en que si un punto no puede impeler inmediatamente ningún otro por fuerza repulsiva, sin llenar al mismo tiempo por su fuerza todo el espacio corpóreo hasta la distancia dada, este espacio entonces, como parece seguirse, tendría que contener varios puntos repulsivos. Esto contradice lo supuesto, pero él fue refutado anteriormente (teorema 4) bajo el nombre de una esfera de repulsión de lo simple en el espacio. Existe, sin embargo, una diferencia entre el concepto de un espacio real que puede ser dado y la simple idea de un espacio pensado simplemente para determinar la relación de espacios dados, pero que de hecho no es ningún espacio. En el caso ya mencionado de una supuesta monadología física, deberían de ser espacios reales los que se llenarían dinámicamente por un punto, esto es, por repulsión; pues ellos existirían como puntos antes de toda producción posible de materia a partir de estos puntos, y determinarían, me-

diante la propia esfera de su actividad, la parte del espacio por llenar que les podría pertenecer. Por eso, en esta hipótesis la materia no puede considerarse tampoco como divisible hasta el infinito y como *quantum continuum,* pues las partes que se repelen recíprocamente de manera inmediata tienen, sin embargo, una distancia determinada entre sí (la suma de los radios de la esfera de su repulsión). Por el contrario, si pensamos la materia, como sucede realmente, en cuanto cantidad continua, no puede haber allí ninguna distancia entre las partes que se repelen inmediatamente; y, por consiguiente, tampoco hay una esfera de su actividad inmediata que devenga mayor o menor. Pero las materias pueden expandirse o ser comprimidas (como el aire), y uno se representa a sí mismo una distancia de sus partes más próximas, la cual puede crecer o decrecer. Ahora bien, como las partes más próximas de una materia continua se tocan, sea que se expanda o se comprima, se piensan estas distancias como *infinitamente pequeñas* entre sí, y este espacio infinitamente pequeño, como lleno en un grado mayor o menor por la fuerza repulsiva de estas partes. Sin embargo, el espacio intermedio infinitamente pequeño no se diferencia en manera alguna del contacto; sólo se distingue la idea del espacio que sirve para hacer intuible la expansión de una materia como magnitud continua; no obstante, en el fondo, no puede comprenderse, de ningún modo, si esta idea es algo real. Cuando se dice entonces que las fuerzas repulsivas de las partes de la materia que se repelen entre sí inmediatamente están en proporción inversa al cubo de sus distancias, eso significa solamente que ellas se encuentran en proporción inversa a los espacios corpóreos, los cuales se piensa entre las partes que se hallan, empero, en contacto inmediato, y cuya distancia debe denominarse, por esta razón, *infinitamente pequeña,* con el fin de que dicha distancia pueda distinguirse de todo intervalo real. Por las dificultades en la construcción de un concepto o, más bien, por su falsa interpretación, no tiene que hacerse, por tanto, ninguna objeción contra el concepto mismo, pues de lo contrario él coincidiría con

la representación matemática de la proporción en la que tiene lugar la atracción en distancias diferentes, como también con aquellas distancias en las que cada punto repele otro directamente en el todo de la materia que se expande o comprime. La ley general de la dinámica sería en ambos casos la siguiente: la acción de la fuerza motriz ejercida por un punto sobre todo otro punto externo a él está en proporción inversa al espacio, en el que el mismo *quantum* de fuerza motriz ha tenido que difundirse para actuar inmediatamente sobre este otro punto en la distancia determinada.

A partir de la ley de las partes de la materia que se repelen originariamente entre sí en proporción inversa al cuadrado de sus distancias infinitamente pequeñas, tendría que seguirse necesariamente una ley de la expansión y de la compresión de dichas partes, completamente diferente a la de Mariotte sobre el aire. Pues esta ley prueba que las fuerzas que ocasionan las *partes* más próximas del aire escapan unas de otras en proporción inversa a las distancias de las partes, como lo prueba Newton (*Princ. Ph. N.*, Lib. II, propos. 23, Schol.). Sin embargo, la fuerza expansiva de las partes del aire no puede considerarse tampoco como la acción de fuerzas *originariamente* repulsivas, porque tal fuerza expansiva se basa en el *calor* que obliga a las partes propiamente dichas del aire (a las que pueden atribuirse, además, intervalos reales) a escapar unas de otras, y actúa no simplemente como una materia que penetra en ellas sino, de acuerdo con toda consideración, mediante sus vibraciones. Pero éstas deben comunicar necesariamente una fuerza a las partes más próximas que las obligue a escapar unas de otras, y que es inversamente proporcional a sus distancias; esto puede hacerse comprensible conforme a las leyes de la comunicación del movimiento por la vibración de materias elásticas.

Declaro, además, que no quisiera que la presente exposición de la ley de una repulsión originaria sea mirada como perteneciente necesariamente a la intención de mi tratado metafísico de la materia, ni que este último (en

el que es suficiente haber expuesto el llenarse del espacio como una propiedad dinámica de la materia) sea confundido con las controversias y dudas que pudieran concernir a la primera.

Corolario general de la dinámica

Si revisamos todas nuestras discusiones sobre el tema metafísico de la materia, observamos que han sido tratados los siguientes puntos: 1) lo *real* en el espacio (denominado también lo sólido) en su llenarse del espacio por la *fuerza de repulsión*; 2) lo que es *negativo* con respecto a lo anterior, como el objeto propio de nuestra percepción externa, a saber, la fuerza de atracción, a través de la cual, en tanto depende de ella, todo espacio sería penetrado, es decir, lo sólido sería completamente abolido; 3) la *limitación* de la primera de estas fuerzas por la segunda y la consecuente determinación perceptible que proviene del *grado del llenarse del espacio*. Por eso observamos que la *cualidad* de la materia ha sido completamente tratada bajo los títulos de *realidad, negación* y *limitación*, en la medida en que dicho tratamiento pertenece a la dinámica metafísica.

Observación general de la dinámica

El principio general de la dinámica de la naturaleza material es el siguiente: todo lo que es real en los objetos del sentido externo, y no simplemente una determinación del espacio (lugar, extensión y figura), tiene que considerarse como fuerza motriz. De este modo, lo así llamado sólido o absoluta impenetrabilidad, es expulsado de la ciencia de la naturaleza como un concepto vacío, y en su lugar es fijada la fuerza repulsiva. Por el contrario, la atracción verdadera e inmediata se defiende contra todas las sofisterías de una metafísica que se malinterpreta a sí misma, y esta atracción se explica como fuerza funda-

mental, necesaria para la posibilidad del concepto de materia. De todo esto resulta ahora como consecuencia: el espacio, en caso de encontrarse necesario, podría asumirse cuando más como lleno por todas partes y, no obstante, en grados diferentes, sin difundir *intervalos vacíos* dentro de la materia. Pues, de acuerdo al grado originariamente diverso de las fuerzas repulsivas, en las que se funda la primera propiedad de la materia, a saber, la de llenar un espacio, puede pensarse la relación de esta propiedad con la atracción originaria (ya sea con cada materia por sí misma, ya con la atracción unida de toda la materia del universo) como infinitamente diferente. Este es el porqué la atracción descansa en la cantidad de materia en un espacio dado, mientras la fuerza expansiva de la misma reposa en el grado por el cual se llena el espacio. Este grado puede ser específicamente muy diferente (así como la misma cantidad de aire en el mismo volumen, prueba más o menos la elasticidad según el aumento o disminución del calentamiento). La razón general de esto es la siguiente: mediante la atracción verdadera, *todas las partes* de la materia actúan inmediatamente sobre *todas las partes de la otra*; pero por la fuerza expansiva sólo actúan las *partes que se encuentran en la superficie del contacto,* con lo cual es indiferente si se halla mucha o poca materia detrás de esta superficie. Sólo de aquí resulta ahora una gran ventaja para la ciencia de la naturaleza, porque así se desembaraza del peso de construir un mundo fantástico con lo lleno y lo vacío. Antes bien, pueden pensarse todos los espacios como plenos y, sin embargo, llenos en una medida diferente, por cuyo motivo el espacio pierde al menos su *necesidad* y se reduce al valor de una hipótesis, puesto que de lo contrario, él podría pretender el título de un principio, con el pretexto de ser una condición necesaria para explicar los diferentes grados del llenarse del espacio.

En conexión con todo esto, la ventaja de una metafísica empleada metódicamente es en apariencia puramente *negativa,* por cuanto está orientada por principios igualmente metafísicos que no han sido sometidos, sin embar-

go, a la prueba de la crítica. No obstante, indirectamente ha sido ampliado de este modo el dominio del investigador de la naturaleza, porque las condiciones mediante las que delimitaba previamente su dominio y por las que se suprimían filosóficamente todas las fuerzas originarias del movimiento, pierden ahora toda su validez. Pero es necesario resguardarse de ir más allá de lo que hace posible el concepto general de la materia y de querer explicar *a priori* la determinación particular, e incluso, específica y diferente de la materia. El concepto de materia se reduce a fuerzas motrices, y no podía esperarse algo distinto, porque en el espacio no puede pensarse ninguna actividad o cambio que no sea simple movimiento. Pero ¿quién pretende comprender la posibilidad de las fuerzas fundamentales? Sólo se las puede suponer si pertenecen inevitablemente a un concepto, del cual es posible probar que es un concepto fundamental, no derivable de ningún otro (por ejemplo, el concepto del llenarse del espacio). Las fuerzas repulsivas y las fuerzas atractivas que reaccionan contra ellas constituyen un concepto de este género. En lo concerniente a su conexión y consecuencias, podemos indudablemente juzgar muy bien cuáles relaciones de estas fuerzas pueden pensarse sin contradicción. Pero no hay que pretender por eso, suponer una de ellas como real, porque la pretensión de erigir una hipótesis exige necesariamente que la *posibilidad* de lo que se supone sea completamente *cierta*. Mas no puede conocerse nunca la posibilidad de las fuerzas fundamentales. A causa de esto, el modo de explicación matemático-mecánico tiene una ventaja sobre el metafísico-dinámico, que este último no puede suministrar, a saber, a partir de una materia completamente homogénea, por medio de la figura múltiple de sus partes, con intervalos vacíos entremezclados, dicho modo físico-dinámico puede llevar a cabo una gran multiplicidad específica de materias, conforme tanto a su densidad como también a su modo de acción (si se añaden fuerzas extrañas). Pues la posibilidad de las figuras, así como de los intervalos vacíos, puede demostrarse con una evidencia matemática. Por el contrario, si la materia

misma se transforma en fuerzas fundamentales (cuyas leyes no estamos en condiciones de determinar *a priori* y, mucho menos, de indicar de manera cierta una multiplicidad de dichas fuerzas, la cual bastaría para explicar la diferencia específica de la materia), entonces nos faltan todos los medios para *construir* este concepto de materia y para representar como posible en la intuición lo que pensamos en general. Pero una física simplemente matemática pierde doblemente la ventaja precedente, en tanto debe primero basarse en un concepto vacío (de la impenetrabilidad absoluta), y en segundo lugar, renunciar a todas las fuerzas *propias* de la materia. Además, con sus configuraciones originarias del material fundamental y su esparcimiento de espacios vacíos, se exige posteriormente explicar la necesidad, y se tiene que otorgar entonces más libertad e, incluso, derechos legítimos a la imaginación en el dominio de la filosofía, lo cual puede concordar con el proceder cauteloso de la filosofía.

En lugar de una explicación suficiente de la posibilidad de la materia y de su diferencia específica, a partir de las fuerzas fundamentales que no me es posible ejecutar aquí, quiero exponer completamente —así lo espero— los momentos a los que debe traerse *a priori* toda su diferencia específica (a pesar de no ser comprendida así, según su posibilidad). Las observaciones insertas entre las definiciones dilucidarán la aplicación de las mismas.

1) Un *cuerpo,* en sentido físico, es una materia entre *límites determinados,* la cual tiene, por tanto, una figura. *El espacio entre estos límites,* considerado *según su magnitud,* se llama contenido de espacio (*volumen*). El grado en que se llena un espacio de un contenido determinado se llama *densidad.* (El término «denso» se emplea también en sentido absoluto, para significar lo que no es *hueco,* es decir, lleno de burbujas o poros.) En este sentido hay una densidad absoluta en el sistema de la impenetrabilidad absoluta, cuando una materia no contiene intervalos vacíos. De acuerdo a este concepto del llenarse del espacio se establecen comparaciones y se llama una

materia, que contiene menos *vacuidad* en sí, menos densa que otra, hasta que finalmente la materia en la que ninguna parte del espacio es vacío, se denomina completamente densa. Sólo puede hacerse uso de este último término según el concepto simplemente matemático de la materia. Pero en el sistema dinámico de una impenetrabilidad meramente relativa no existe máximo ni mínimo de densidad y, no obstante, la materia más tenue puede llamarse completamente densa, si llena por entero su espacio, sin contener intervalos vacíos, es decir, si es un *continuum* y no un *interruptum*. Pero en sentido dinámico ella es menos densa en comparación con otra, si llena por completo su espacio, aunque no en el mismo grado. Sin embargo, en el sistema dinámico es también inapropiado pensar una relación de materias conforme a su densidad, a menos que se las represente como específicamente homogéneas entre sí, de manera tal que una pueda producirse a partir de la otra, simplemente por compresión. Pues bien, como la última condición no parece ser indispensable para la naturaleza de toda materia en sí, ninguna comparación puede tener lugar legítimamente entre materias heterogéneas con respecto a su densidad, por ejemplo, entre agua y mercurio, aun cuando se acostumbre esta comparación.

2) *La atracción,* en tanto es *pensada simplemente como activa en el contacto,* se llama *cohesión.* (En realidad, se prueba por medio de muy buenos experimentos que la misma fuerza, llamada cohesión en el contacto, puede encontrarse activa en distancias muy pequeñas. Pero la atracción sólo se llama cohesión, *en tanto* no la pienso más que en el contacto, de acuerdo con la experiencia común; con miras a dicha experiencia, la atracción apenas es percibida en pequeñas distancias. De ordinario se supone que la cohesión es una propiedad completamente general de la materia, no como si uno llegara a ella guiado por el concepto de materia, sino porque la experiencia la evidencia en todas partes. Pero esta generalidad no debe comprenderse en sentido *colectivo,* como si toda materia actuara al mismo tiempo sobre toda materia en

el universo, mediante esta clase de atracción —análoga a la de la gravitación—, sino que hay que entenderla sólo en sentido *disyuntivo*; esto es, toda materia actúa sobre una u otra clase cualquiera, sea cual fuere la clase de materias que entra en contacto con ella. Por este motivo y porque esta atracción, como lo pueden probar diversos argumentos, no es penetrante, sino una fuerza superficial que, como tal, no se orienta conforme a la densidad; porque la completa intensidad de la cohesión necesita un estado previo de fluidez de las materias y la posterior solidificación de las mismas; y el contacto más exacto de las materias sólidas, quebradas justamente en las mismas superficies, en las que su coherencia interna era anteriormente muy fuerte —por ejemplo, un cristal que tiene una rotura—, está lejos de producir el grado de atracción que estas materias tenían desde su solidificación después de la fluidez; por todas estas razones considero esta atracción en el contacto como una fuerza que no es fundamental de la materia, sino solamente derivada. Se volverá más tarde sobre esto.) *Una materia, cuyas partes, a pesar de la fuerte cohesión entre sí,* pueden ser *desplazadas,* sin embargo, *por cualquier fuerza motriz, aun por la menor, es LIQUIDA. Pero las partes de una materia son DESPLAZADAS recíprocamente cuando, sin disminución del* quantum *de contacto, son obligadas solamente a cambiar este contacto entre ellas mismas. Las partes y, por tanto, también las materias, son SEPARADAS si el contacto no es cambiado simplemente por otros, sino suprimido, o disminuido en su* quantum. Un cuerpo *SOLIDO,* o mejor *RIGIDO* (*corpus rigidum*), *es aquel cuyas partes no pueden ser desplazadas entre sí por una fuerza cualquiera*; estas partes resisten consecuentemente al desplazamiento con un cierto grado de fuerza. El *obstáculo a este desplazamiento de las materias es la FRICCION.* La resistencia *a la separación* de materias en contacto es la cohesión. Las materias líquidas no padecen entonces ninguna fricción en su división; pero allí donde ésta se encuentre, las materias se consideran rígidas —en mayor o menor grado, el menor de los cuales se llama

viscosidad (*viscositas*)— por lo menos en lo referente a sus partes menores. *El cuerpo rígido es QUEBRADIZO, si sus partes no pueden ser desplazadas unas de otras sin ruptura,* y, por consiguiente, si la cohesión de las partes no puede ser alterada sin ser al mismo tiempo destruida. Erróneamente se fija la diferencia entre materias líquidas y sólidas en los diferentes grados de cohesión de sus partes. Pues para llamar líquida a una materia no importa el grado de resistencia que opone a la ruptura, sino sólo la resistencia que pone al desplazamiento de sus partes, las unas en relación con las otras. Aquel grado puede ser tan grande como se quiera, pero la resistencia será siempre = 0 en una materia líquida. Consideremos una gota de agua. Si en su interior una partícula es tirada de un lado por una atracción, tan grande como sea, de partes vecinas que están en contacto con ella, entonces esta parte será atraída también fuertemente del lado opuesto. Y como las atracciones superan sus acciones recíprocamente, la partícula es tan fácilmente movible como si se encontrara en un espacio vacío; esto es, la fuerza que debe moverla, no tiene que superar ninguna cohesión, sino solamente la llamada inercia que tendría que vencer en toda materia, aun cuando no hubiera cohesión. Por eso, un animalito microscópico se mueve dentro de esta gota con tanta facilidad como si no hubiera cohesión que separar, pues no tiene realmente que destruir ninguna cohesión del agua y aminorar el contacto entre las partes, sino solamente modificarlas. Imaginémonos este animalito como queriendo elaborar su camino a través de la superficie exterior de la gota. Es necesario anotar primero el hecho de que la atracción recíproca de las partes de esta gota de agua hace que estas partes se muevan hasta llegar al máximo contacto entre sí y, por tanto, al mínimo contacto con el espacio vacío, es decir, hasta que ellas hayan tomado una parte esférica. Ahora bien, si el microbio en cuestión se esfuerza por trazar un camino hasta la superficie de la gota, entonces él le tendrá que cambiar esta forma globular y, por consiguiente, producir mayor contacto del agua con el espacio vacío, y de aquí, un menor

contacto recíproco de las partes del agua, es decir, disminuir su cohesión. Y aquí el agua resiste en primera instancia al microbio por su cohesión, pero no por alguna cohesión en el interior de la gota, en donde el contacto recíproco de las partes no se disminuye de ninguna manera, sino que solamente cambia en el contacto con las otras partes; es decir, éstas no se han separado en lo más mínimo, sino simplemente desplazado. También se puede aplicar al animalito microscópico y, en realidad, por razones análogas, lo dicho por Newton acerca del rayo luminoso, a saber, que él no es reflejado por la materia densa, sino solamente por el espacio vacío. Es claro, por tanto, que el incremento de la cohesión de las partes de una materia no afecta en lo más mínimo su fluidez. El agua tiene en sus partes una cohesión mucho más fuerte de lo que se cree comúnmente, como cuando se intenta sacar una placa metálica de la superficie del agua. Este hecho no decide nada, porque en este caso el agua no se aparta totalmente de la superficie del contacto inicial, sino en una superficie mucho menor a la que ha llegado finalmente por el desplazamiento de sus partes. Es así como una barra de cera blanda a la que, al atarse un peso, se vuelve primero más delgada, pero luego debe romperse en una superficie mucho menor que la supuesta inicialmente. Pero lo que es completamente decisivo con respecto a nuestro concepto de fluidez, es lo siguiente: se pueden explicar materias *fluidas como materias en las que cada punto tiende a moverse él mismo en todas direcciones justamente con una fuerza igual a la de la presión que soporta en una dirección cualquiera.* Esta es una propiedad en la que reposa la primera ley de la hidrodinámica. No se le puede atribuir, sin embargo, un agregado de corpúsculos lisos y sólidos, como puede mostrarlo una muy fácil disolución de su presión según las leyes del movimiento compuesto, probándose así la originalidad de la propiedad de la fluidez. Ahora bien, si la materia líquida soportara el más mínimo obstáculo para el desplazamiento de las partes, y soportara, de este modo, también la más pequeña fricción, ésta se incrementaría entonces con la

fuerza de la presión que comprime sus partes entre sí, y se produciría finalmente una presión que no permitiría a las partes de esta materia desplazarse recíprocamente por la acción de una pequeña fuerza cualquiera. Por ejemplo, en un tubo encorvado de dos brazos, en donde el uno sea tan ancho y el otro tan estrecho como se quiera, con la condición de no ser un tubo capilar, entonces la materia líquida estaría, si se supone que la altura de los brazos es de unos cien pies, a la misma altura en el brazo estrecho y en el ancho, de acuerdo a las leyes de la hidrostática. Pero la presión sobre el fondo de los tubos y, por tanto, también sobre la parte que une los dos tubos comunicantes, puede pensarse en proporción de las alturas, siempre como mayor, hasta el infinito. A causa de esto, si la mínima fricción entre las partes del líquido tuviera lugar, entonces se podría estar en capacidad de encontrar una altura de los tubos, con respecto a la cual una pequeña cantidad de agua, vertida en el tubo más estrecho, no desplazaría de su posición el agua en el tubo ancho. La columna de agua subiría entonces, en uno de los tubos, más arriba que en el otro, porque las partes más bajas, con dicha presión tan fuerte, no podrían ser desplazadas más recíprocamente por una fuerza motriz tan pequeña como el peso del agua añadido, lo cual es contrario a la experiencia y, asimismo, al concepto de lo fluido. Ocurre precisamente lo mismo, si en lugar de la presión mediante el peso, se supone la cohesión de las partes, cualquiera sea la magnitud que tenga. La segunda definición de la fluidez citada arriba, sobre la que reposa la ley fundamental de la hidrostática, dice que la fluidez es la propiedad de la materia, puesto que cada una de sus partes tiende a moverse hacia todos los lados, con la misma fuerza que la de la presión que ella soporta en una dirección dada. Esta segunda definición se deriva de la primera si se la vincula al principio general de la dinámica. Este principio dice que toda materia es originariamente elástica, por cuanto tiene que esforzarse por extenderse por todo lado del espacio en que se la comprime con una fuerza igual, es decir, por moverse (si las partes

de una materia pueden ser mutuamente desplazadas sin obstáculo por alguna fuerza, tal como sucede realmente con la materia líquida), con lo cual la presión se da en toda dirección, cualquiera que ella sea. Son propiamente entonces las materias rígidas (cuya posibilidad exige, además de la cohesión de las partes, otra razón explicativa) aquellas a las que puede atribuirse la fricción; y la fricción supone de por sí la propiedad de la rigidez. Sin embargo, el por qué ciertas materias que no tienen, quizá, una fuerza mayor de cohesión o, incluso, una fuerza de cohesión menor que las que tienen otras materias líquidas, resisten, empero, tan poderosamente al desplazamiento de las partes que no pueden separarse más que por la supresión de la cohesión de todas las partes al mismo tiempo, en una superficie dada, lo cual da la apariencia de una cohesión superior, y cómo serían posibles, por tanto, los cuerpos rígidos, es un problema aún sin resolver, pese a que la ciencia vulgar de la naturaleza crea haberlo hecho.

3) *La ELASTICIDAD* es la capacidad de *una materia para adoptar nuevamente su magnitud o su figura, alteradas por otra fuerza motriz, cuando dicha fuerza ha cesado.* Ella es una elasticidad *expansiva* o una *atractiva.* La primera toma después de la compresión el volumen precedente mayor, y la última adopta después de la expansión el volumen precedente menor. (Como lo muestra ya la expresión, la elasticidad atractiva es obviamente derivada. Un alambre de hierro, alargado por pesos que se le han atado, retorna a su volumen primitivo cuando se corta la cuerda. En virtud de esta atracción, que es la causa de la cohesión del alambre, o en el caso de las materias fluidas, si se quitara de repente el calor al mercurio, su materia se apresuraría a retomar el pequeño volumen inicial. La elasticidad, consistente simplemente en retornar a la figura precedente, es siempre atractiva, como en el caso de una hoja de la espada, en que las partes estiradas violentamente sobre la superficie convexa tienden a retornar a su anterior contigüedad; y en el mismo sentido una pequeña gota de mercurio puede llamarse

elástica. Pero la elasticidad expansiva puede ser tanto originaria como derivada. De esta manera, el aire tiene una elasticidad derivada por medio de la materia del calor, que está íntimamente unida a ella y cuya elasticidad es quizá originaria. Por el contrario, el elemento fluido que llamamos aire debe tener, empero, ya en sí, como materia en general, una elasticidad que es llamada originaria. No es posible decidir con certeza, en los casos existentes, a qué clase pertenece una elasticidad percibida.)

4) *La acción que los cuerpos movidos ejercen unos sobre otros, mediante la comunicación de su movimiento, se llama MECANICA. Pero la acción de las materias en reposo, en tanto cambian recíprocamente la unión de sus partes por medio de sus propias fuerzas, se llama QUIMICA.* Esta influencia química se llama *DISOLUCION, en tanto tiene por efecto la separación de las partes de una materia* (la división mecánica, por ejemplo, por medio de una cuña puesta entre las partes de una materia, es entonces completamente diferente de una división química, porque la cuña no obra por su propia fuerza); pero la influencia que tiene por efecto separar dos materias disueltas entre sí se denomina *SEPARACION*. La disolución de materias específicamente diferentes, en las que no se encuentra ninguna parte de materia que no estuviera unida con una parte de otra materia diferente, en la misma proporción que el todo, es la *disolución absoluta* y puede denominarse también *penetración química*. Se dejará indecisa la cuestión de saber si las fuerzas disolventes que se encuentran realmente en la naturaleza pueden producir una disolución completa. La cuestión aquí es solamente si se puede igualmente pensar dicha disolución. Ahora bien, es evidente que, en tanto las partes de una materia disuelta constituyen aún moléculas, una disolución de ellas no es menos posible que la disolución de las partes mayores. Es obvio que esta disolución debe continuar realmente, si la fuerza disolvente está presente, hasta que no haya ninguna parte más que no sea compuesta de la materia disolvente y de la materia que es disuelta, en la proporción en que ambas se encuentran entre

sí en la disolución como un todo. Por tanto, puesto que en dicho caso no puede haber ninguna parte del volumen de la disolución que no contenga una parte del disolvente, éste tiene que llenar completamente el volumen como un *continuum*. Asimismo, como no puede haber ninguna parte justamente del mismo volumen de la solución que no contenga una parte proporcional de la materia disuelta, es preciso que esta materia disuelta llene también, como un *continuum*, todo el espacio que constituye el volumen de la mezcla. Pero, cuando dos materias llenan cada una uno y el mismo espacio, ellas *se penetran* entre sí. Por tanto, una disolución química completa sería una penetración de las materias, la cual, sin embargo, diferiría completamente de la penetración mecánica, en tanto se piensa, con respecto a la última, que en un acercamiento muy grande de las materias movidas, la fuerza repulsiva de la una puede prevalecer completamente sobre la otra, y que es posible para una o para ambas, reducir a la nada su expansión. Aquí, por el contrario, en el caso de la penetración química, la expansión permanece, pero las materias no se hallan unas por fuera de otras, es decir, por *intussusception* (como suele decirse), ellas ocupan conjuntamente un espacio proporcional a la suma de sus densidades. Es difícil hacer alguna objeción contra la posibilidad de esta disolución perfecta y, por tanto, contra la penetración química, aun cuando dicha disolución contenga una división completa hasta el infinito, la cual en este caso no implica en sí ninguna contradicción, porque la disolución tiene lugar continuamente a través de un tiempo; por tanto, igualmente mediante una serie infinita de instantes con aceleración. Además, por división puede incrementarse la suma de las superficies de las materias aún por dividir y, como la fuerza disolvente obra de manera continua, la disolución completa puede terminarse en un tiempo *determinable*. La incomprensibilidad de dicha penetración química de dos materias debe atribuirse a la imposibilidad de comprender la divisibilidad hasta el infinito de todo *continuum* en general. Si se descarta esta disolución completa, se tiene que suponer entonces que

ella sólo se extiende hasta ciertas moléculas pequeñas de la materia que hay que disolver, las cuales flotan en el medio disolvente en distancias determinadas, sin que pueda darse la más mínima razón del porqué estas pequeñas moléculas no son igualmente disueltas, ya que son materias divisibles. Que el medio disolvente no actúa más, puede tener su verdadera razón en la naturaleza, hasta donde la experiencia nos permite llegar; pero sólo se habla aquí de la posibilidad de una fuerza disolvente, capaz de disolver esta partícula y, también, todas las que permanecen hasta el acabamiento de la disolución. El volumen ocupado por la disolución puede ser igual a la suma de los espacios ocupados por las materias que se disuelven mutuamente, antes de la mezcla, o puede ser menor o, incluso, mayor que esta suma, según la relación existente entre las fuerzas atractivas y las repulsivas. Estas materias que se disuelven mutuamente constituyen, cada una por sí misma o ambas unidas, un *medio elástico*. Este medio sólo puede proporcionar un principio suficiente para explicar por qué la materia disuelta no se separa de nuevo por su propio peso del disolvente. Pues la atracción de esta última, al ejercerse con una fuerza igual por todo lado, suprime la resistencia de la primera. Por otra parte, supone cierta viscosidad en el fluido, que de ningún modo está de acuerdo con la gran fuerza ejercida por tales fluidos sobre las materias disueltas; por ejemplo, los ácidos diluidos en agua sobre cuerpos metálicos. Dichos cuerpos no simplemente tocan los ácidos, como tendría que ocurrir, si sólo flotaran en su medio, sino que los ácidos separan estos cuerpos con una gran fuerza de atracción y los propagan en todo el espacio del vehículo. Además, si suponemos que el arte no tuviera en su poder fuerzas químicas disolventes de esta especie, aptas para producir una disolución completa, la naturaleza podría quizás hacer pruebas en sus operaciones vegetales y animales, y producir de este modo materias que, aunque estén en realidad mezcladas, no puedan ser descompuestas de nuevo por ninguna clase de arte. Esta penetración química podría encontrarse igualmente allí donde una de las

dos materias no está precisamente separada y literalmente disuelta por la otra. Es así como la materia calórica penetra los cuerpos, puesto que, si sólo se distribuyera en los intervalos vacíos, entonces la sustancia sólida misma permanecería fría, porque no podría absorber nada del calor. Se podría incluso pensar un aparente tránsito libre de ciertas moléculas a través de otras, por ejemplo, de la materia magnética, sin haber preparado para este propósito conductos abiertos e intervalos vacíos en todas las materias, igualmente, las más densas. Sin embargo, no es éste el lugar para establecer hipótesis que expliquen fenómenos particulares, sino simplemente para descubrir el principio por el que deben juzgarse todos los fenómenos. Todo lo que nos dispense de la necesidad de tener que recurrir a los espacios vacíos es una ganancia real para la ciencia de la naturaleza, pues estos espacios dan demasiada libertad a la imaginación, para reemplazar por la ilusión la carencia del conocimiento interno de la naturaleza. El vacío absoluto y lo denso absoluto corresponden aproximadamente en esta ciencia a lo que son el azar ciego y el ciego destino en la filosofía metafísica, esto es, una barrera para la razón dominante, con el fin de que la fantasía ocupe su lugar o que se la lleve al reposo en el cojín de las cualidades más ocultas.

En lo concerniente al proceder en la ciencia de la naturaleza, con respecto a la más importante de todas sus tareas, a saber, la explicación de una *diferencia específica* posible de las materias hasta el infinito, sólo pueden proponerse dos caminos: el *mecánico,* que explica todas las diversidades de la materia por el nexo de lo pleno absoluto con lo vacío absoluto, o bien un camino *dinámico* opuesto a él, por la explicación de todas las diferencias de la materia a través de la simple diferencia en la unión de las fuerzas originarias, repulsión y atracción. El primer medio tiene como materiales para su derivación *los átomos* y *el vacío.* Un átomo es una parte pequeña de la materia, que físicamente es indivisible. Físicamente *indivisible* es una materia cuyas partes están relacionadas

con una fuerza que no puede estar sujeta a ninguna fuerza motriz que se encuentre en la naturaleza. Un átomo, en tanto se diferencia específicamente de otros átomos por su figura, se llama *primer corpúsculo*. Un cuerpo (o partícula), cuya fuerza motriz depende de la figura, se llama *máquina*. El modo de explicación de la diferencia específica de las materias por la constitución y composición de sus partes más pequeñas, en cuanto máquinas, es la *filosofía mecánica de la naturaleza*. Pero la que deriva la diferencia específica de la materia, no de las materias en cuanto máquinas, es decir, como simples instrumentos de fuerzas motrices externas, sino de fuerzas motrices que pertenecen originariamente a estas materias, es decir, la atracción y la repulsión, puede denominarse *filosofía dinámica de la naturaleza*. El modo de explicación mecánica que más se acomoda a la matemática ha conservado siempre bajo el nombre de *atomística o de filosofía corpuscular*, con poca modificación después del antiguo Demócrito hasta Descartes e, incluso, hasta nuestro propio tiempo, su autoridad e influencia sobre los principios de la ciencia de la naturaleza. Lo esencial de esta explicación radica en el supuesto de *la impenetrabilidad absoluta* de la materia originaria, en la *homogeneidad absoluta* de esta materia, en donde sólo restan la diferencia de la *figura* y la insuperabilidad absoluta de la cohesión de la materia en estas mismas partículas fundamentales. Tales eran los *materiales* para la producción de las materias específicamente diferentes, con el fin no sólo de disponer de un elemento inalterable y, sin embargo, de forma diversa, que conduzca a la explicación de la inalterabilidad de los géneros y de las especies, sino también para explicar *mecánicamente* las múltiples acciones de la naturaleza, a partir de la forma de estas primeras partes como máquinas (a las cuales sólo faltaría una fuerza imprimida desde fuera). Pero la primera y principal autenticación de este sistema reposa en la inevitable *necesidad* de emplear *espacios vacíos para la diferencia específica de la densidad de las materias*. Estos espacios fueron supuestos como distribuidos dentro de las materias y entre las partículas

antes mencionadas, en una proporción, como se encontró necesario para la consideración de ciertos fenómenos, incluso tan grande que la parte llena del volumen (asimismo de la materia más densa) sería casi nula comparada con la parte vacía. Ahora bien, para introducir un modo de explicación dinámica (que esté más de acuerdo con la filosofía experimental y sea más favorable para ella, en tanto la conduce directamente a descubrir fuerzas motrices propias de las materias y las leyes de tales fuerzas, en cambio restringe la libertad de admitir intervalos vacíos y partículas fundamentales de figuras determinadas, pues estas dos cosas no pueden ser determinadas ni descubiertas por ningún experimento), no es necesario forjar nuevas hipótesis, sino solamente refutar el postulado del modo de explicación puramente mecánica, a saber, *que es imposible pensar una diferencia específica en la densidad de las materias, sin entremezclar espacios vacíos.* Se puede refutar este postulado si se menciona simplemente el modo como pueda pensarse esta diferencia específica de la densidad de las materias sin contradicción. Pues si dicho postulado, en el que descansa el modo de explicación meramente mecánico, fuera declarado inválido primeramente sólo como un principio fundamental, entonces es obvio que él no tendría que ser acogido como una hipótesis en la ciencia de la naturaleza, mientras exista una posibilidad de pensar la diferencia específica de las densidades sin intervalos vacíos. Pero esta necesidad estriba en que la materia no llena su espacio (como lo suponen los investigadores de la naturaleza simplemente mecanicistas) mediante una impenetrabilidad absoluta, sino por una fuerza repulsiva que tiene su grado, el cual puede ser diferente en materias diferentes. Y como este grado no tiene nada en común con la fuerza de atracción que es conforme a la cantidad de materia, ella puede ser *originariamente* diferente, con la misma fuerza de atracción en diferentes materias, según el grado; por consiguiente, también el grado de expansión de estas materias, con la misma cantidad de materia e, inversamente, la cantidad de materia con el mismo volumen, es decir, su densidad,

permite originariamente grandes diferencias específicas. De esta manera, no sería imposible pensar una materia (como se representa, por ejemplo, el éter) que llene su espacio sin dejar ningún vacío y, sin embargo, con una cantidad de materia incomparablemente menor, bajo el mismo volumen, como algunos cuerpos que podemos someter a nuestras búsquedas. En el éter, la fuerza repulsiva tiene que pensarse en relación con su propia fuerza atractiva, como infinitamente mayor que en algunas otras materias conocidas por nosotros. Y ésta es la única razón por la que suponemos que tal éter *puede pensarse* como contraparte de una hipótesis (la de los espacios vacíos), la cual depende solamente de la aseveración de que dicha materia enrarecida *no puede pensarse* sin espacios vacíos. Además del éter, no puede arriesgarse ni la ley de la fuerza atractiva, ni la de la fuerza repulsiva, en conjeturas *a priori*; sino que todo, igualmente la atracción universal como la causa de la gravedad, tiene que inferirse, junto con las leyes de dicha atracción, de los datos de la experiencia. Mucho menos deberán hacerse intentos similares con las afinidades químicas, por un camino diferente al de la experimentación. Pues la comprensión de las fuerzas originarias *a priori* de acuerdo con su posibilidad, va más allá del horizonte de nuestra razón. Toda filosofía de la naturaleza radica, por el contrario, en la reducción de fuerzas dadas, en apariencia diferentes, a un pequeño número de fuerzas y capacidades suficientes para explicar las acciones de las primeras. Pero esta reducción sólo puede llegar hasta las fuerzas fundamentales, más allá de las cuales nuestra razón no puede remontarse. De este modo, las investigaciones de orden metafísico, además de servir de presupuesto al concepto empírico de la materia, sólo son útiles para conducir la filosofía de la naturaleza, tan lejos como sea posible, en la búsqueda de los principios de la explicación dinámica, porque éstos por sí solos permiten esperar leyes determinadas y, por tanto, un verdadero encadenamiento racional de las explicaciones.

Esto es todo lo que puede realizar la metafísica para la construcción del concepto de materia y, por consiguiente, para la aplicación de la matemática a la ciencia de la naturaleza, con respecto a las propiedades mediante las que la materia llena un espacio en una medida determinada; es decir, con miras a estas propiedades consideradas como dinámicas, y no como posiciones originarias incondicionadas, como las postularía, sin duda, un procedimiento simplemente matemático.

Podemos terminar con la conocida pregunta: ¿es necesario admitir espacios vacíos en el mundo? La *posibilidad* de dichos espacios está por fuera de cualquier polémica, pues todas las fuerzas de la materia exigen el espacio; y como éste contiene también las condiciones de las leyes de la propagación de esas fuerzas, él es un presupuesto necesario, previo a toda materia. De esta manera, la fuerza atractiva se atribuye a la materia, en tanto *ocupa* un espacio alrededor de ella misma por atracción, aunque sin *llenarlo*. Este espacio puede pensarse entonces como vacío, asimismo allí donde la materia actúa; porque ella no es activa por medio de fuerzas repulsivas y, por tanto, no lo llena. Sin embargo, ninguna experiencia, ninguna conclusión a partir de ella, ninguna hipótesis necesaria, nos autoriza para explicar espacios vacíos como *reales*. Pues toda experiencia sólo nos permite conocer espacios comparativamente vacíos, los cuales pueden explicarse perfectamente a partir de la propiedad que tiene la materia de llenar su espacio con una fuerza expansiva mayor o siempre menor hasta el infinito, en todos los grados posibles, sin requerir de espacios vacíos.

III. Principios metafísicos de la Mecánica

Enunciado 1

La materia es lo movible, en tanto lo movible en cuanto tal tiene una fuerza motriz.

Observación

Esta es la tercera definición de la materia. El simple concepto dinámico podía considerar también la materia en reposo; la fuerza motriz tomada allí en consideración sólo concernía al llenar de un cierto espacio, sin que la materia que lo llenaba pudiera comprenderse a sí misma como movida. La repulsión era por ello una fuerza motriz originaria para *impartir* movimiento. Por el contrario, en la Mecánica la fuerza de una materia puesta en movimiento es considerada con el fin de *transmitir* este movimiento a otra. Pero es evidente que lo movible no tendría ninguna fuerza motriz *a través de su movimiento,* si no poseyera fuerzas motrices originarias, en virtud de

las cuales lo movible es activo en todos los lugares donde se encuentra, antes de realizar todo movimiento propio. Y es claro que ningún movimiento uniforme podría imprimirse a otra materia por medio de una materia cuyo movimiento permanece en la trayectoria de la línea recta enfrente de esta otra, a no ser que ambas poseyeran leyes originarias de repulsión; o que incluso ninguna materia pudiera, en virtud de su movimiento, obligar a otra *a seguirla* en línea recta (arrastrarla tras de sí), si ambas no poseyeran fuerzas atractivas. Todas las leyes mecánicas suponen, por tanto, leyes dinámicas, y una materia, en cuanto movida, sólo puede tener fuerzas motrices gracias a su repulsión o atracción. En su movimiento ella obra inmediatamente sobre estas fuerzas y con ellas, comunicando así su propio movimiento a otra materia. Se me excusará si no hago aquí una mención más sobre la comunicación del movimiento por atracción (por ejemplo, si un cometa de mayor poder de atracción que la tierra, al pasar frente a ella, la arrastrara tras él), sino solamente acerca de la mediación de las fuerzas repulsivas, por tanto, por presión (como mediante resortes tensionados) o por choque. Haré esto porque la aplicación de las fuerzas de repulsión, en comparación con las de la atracción, difiere únicamente en relación con la dirección, de resto en ambos casos es lo mismo.

Enunciado 2

La *cantidad de materia* es el conjunto de lo movible en un espacio determinado. Esta cantidad, en tanto se consideran todas sus partes en movimiento como activas (motrices) al mismo tiempo, se llama *masa*. Se dice que una materia *obra en masa* cuando todas sus partes, movidas en la misma dirección, ejercen fuera de ellas, *al mismo tiempo,* su fuerza motriz. Una masa de forma determinada se llama *cuerpo* (en sentido mecánico). *La magnitud del movimiento* (calculada mecánicamente) es aquella que se calcula al mismo tiempo por la cantidad de materia

movida y su velocidad. Desde el punto de vista *foronómico,* la magnitud de movimiento consiste simplemente en el grado de velocidad.

Teorema 1

La cantidad de materia, comparada con otra, sólo puede calcularse por la cantidad de movimiento con una velocidad dada.

Demostración

La materia es divisible hasta el infinito. Por consiguiente, su cantidad de materia no puede determinarse inmediatamente por el número de sus partes, pues si eso sucede, entonces se compara la materia dada con una materia homogénea, en cuyo caso la cantidad de materia es proporcional a la magnitud del volumen; sin embargo, esto contraría el requerimiento del teorema, a saber, que ella se calcule en comparación con cualquier otra cantidad (también específicamente diferente). Por consiguiente, la materia no puede ser calculada ni inmediata ni mediatamente de manera válida, en comparación con *otra* cualquiera, siempre que se haga abstracción de su propio movimiento. En consecuencia, no queda otra medida universalmente válida de esta materia que la cantidad de su movimiento. En ésta, empero, la diferencia de movimiento que reposa en la cantidad diferente de las materias, solamente puede darse si se supone que la velocidad entre las materias comparadas es igual, por tanto, etc.

Corolario

La cantidad de movimiento de los cuerpos se da en proporción compuesta a la cantidad de su materia y de su velocidad, es decir, es lo mismo si duplico la cantidad

de materia de un cuerpo y conservo la velocidad o si duplico la velocidad, conservando la misma masa. Pues el concepto determinado de una magnitud sólo es posible por la construcción de un *quantum*. Pero esta construcción no es, con respecto al concepto de cantidad, más que la *composición* de elementos equivalentes. Por consiguiente, la construcción de la cantidad de un movimiento es la composición de varios movimientos equivalentes entre sí. Ahora bien, según los teoremas foronómicos, es indiferente si atribuyo cierto grado de velocidad a algo movible o todos los grados más pequeños de velocidad, a varios móviles iguales, obtenidos al dividir la velocidad dada por el conjunto de lo movible. De aquí surge, en primer lugar, un concepto, en apariencia foronómico, de la cantidad de un movimiento, el cual estaría compuesto de varios movimientos de puntos movibles exteriores unos de otros y reunidos, sin embargo, en un todo. Si se piensan estos puntos como algo que posee una fuerza motriz *en virtud de su propio movimiento,* entonces resulta de allí el concepto mecánico de la cantidad de movimiento. Pero en la Foronomía no puede representarse un movimiento compuesto de muchos otros, *exteriores unos de otros,* porque al ser representado sin ninguna fuerza motriz, lo movible no proporciona, a causa de su composición con varios móviles de su especie, ninguna diferencia en la magnitud del movimiento, magnitud que sólo radica en la velocidad. Así como la cantidad de movimiento de un cuerpo se relaciona con la de otro cuerpo, así también la magnitud de su acción (se trata, por supuesto, aquí de la acción *total*). Aquellos que admitían sólo la magnitud de un espacio lleno con resistencia (por ejemplo, la altura a la que un cuerpo asciende con cierta velocidad contra la gravedad, o la profundidad en la que puede penetrar en materias blandas) como la medida de la acción total, descubrieron otra ley de fuerzas motrices en los movimientos *reales,* a saber, la ley de la proporción compuesta de la cantidad de las materias y de los cuadrados de sus velocidades. Pero ellos pasaron por alto la magnitud de la acción en el tiempo dado, durante el cual el

cuerpo recorre su espacio con una velocidad menor y esta magnitud por sí sola puede ser, sin embargo, la medida de un movimiento agotado por una resistencia uniforme dada. No puede haber allí entonces una diferencia entre fuerzas vivas y fuerzas muertas, si las fuerzas motrices son consideradas mecánicamente, esto es, como aquellas que poseen los cuerpos en tanto ellos mismos son movidos, ya sea la velocidad de su movimiento finita o infinitamente pequeña (simple tendencia al movimiento). Convendría más bien llamar fuerzas muertas a aquéllas con las que la materia —igualmente si se hace abstracción completamente de su propio movimiento, así como de su tendencia a moverse— obra sobre otras materias, esto es, fuerzas originariamente motrices de la dinámica. Por el contrario, pueden denominarse fuerzas vivas ,todas las fuerzas motrices mecánicamente, es decir, por su propio movimiento, si no se presta atención a la diferencia de la velocidad, cuyo grado podría ser infinitamente pequeño. Estas denominaciones de fuerzas muertas y fuerzas vivas son suministradas acá siempre y cuando sean dignas de ser conservadas.

Observación

Para evitar dispersiones, reunamos en una observación la dilucidación de las tres proposiciones precedentes.

Que la cantidad de la materia sólo pueda ser pensada como el conjunto de sus partes movibles (exteriores unas de otras), tal como lo expresa la definición, es una proposición relevante y fundamental de la mecánica general. Se muestra con ello, en efecto, que la materia no tiene otra magnitud que la consistente en *el conjunto de lo diverso, cuyas partes son exteriores unas de otras*. En consecuencia, ella no tiene ningún *grado* de fuerza motriz, con una velocidad dada que pudiera ser independiente de esta cantidad y considerada simplemente como una magnitud intensiva, lo cual tendría lugar, sin duda, si la materia constara de mónadas, cuya realidad en toda

relación tendría que tener un grado que pudiera ser mayor o menor, sin depender de un conjunto de partes exteriores unas de otras. En lo concerniente al concepto de masa en la misma definición, no puede ser confundido, como se hace con frecuencia, con el de cantidad. Las materias líquidas pueden obrar en masa por su propio movimiento, pero también en su flujo. En el llamado martillo hidráulico, el agua obra por choque masivo, es decir, con todas las partes a la vez; justamente eso sucede también en el agua que, encerrada en un recipiente, presiona por medio de su peso sobre el plato de la balanza en que se encuentra. Por el contrario, el agua de un molino no actúa en masa sobre la pala de la rueda que baja, es decir, precipitándose al mismo tiempo con todas sus partes, sino que éstas sólo obran unas después de otras. Si debe determinarse aquí entonces la cantidad de materia que es movida con cierta velocidad y tiene una fuerza motriz, se tendrá que buscar ante todo el volumen de agua, es decir, la cantidad de materia que al actuar en masa con una velocidad determinada (con su peso) pueda producir el mismo efecto. Por eso se entiende también comúnmente bajo el término «masa» la cantidad de materia de un *cuerpo sólido.* (El recipiente que contiene un líquido, toma el lugar de la solidez del mismo.) Finalmente, en lo concerniente al teorema en conexión con el corolario, se encuentra algo extraño, a saber, que según el teorema, la cantidad de materia debe calcularse por la cantidad de movimiento con una velocidad dada; pero de acuerdo al corolario, la cantidad de movimiento (de un cuerpo, ya que la de un punto sólo consiste en el grado de su velocidad) debe calcularse con la misma velocidad por medio de la cantidad de materia movida —lo cual parece girar en círculo y no prometer un concepto determinado, sea que se considere el teorema, o bien el corolario. No obstante, este supuesto círculo lo sería efectivamente si fuera una derivación recíproca de dos conceptos idénticos. Pero él contiene simplemente, por un lado, la explicación de un concepto y, por el otro, la de su aplicación a la experiencia. La cantidad de lo movible en

el espacio es la cantidad de materia, pero esta cantidad de materia (el conjunto de lo movible) sólo *se demuestra* en la experiencia por la cantidad de movimiento con igual velocidad (por ejemplo, por el equilibrio).

Es necesario anotar aún que la cantidad de materia es *la cantidad de la sustancia* en lo movible y, consecuentemente, no la magnitud de cierta cualidad de materia (de la repulsión o de la atracción indicadas en la Dinámica), y que el *quantum* de la sustancia no significa aquí algo distinto del simple conjunto de lo movible, lo cual constituye la materia, pues sólo este conjunto puede proporcionar con la misma velocidad una diferencia en la cantidad del movimiento. Pero el hecho de que la fuerza motriz que una materia tiene en su *propio movimiento* sólo demuestre la cantidad de *sustancia,* reposa en el concepto de sustancia en cuanto *sujeto* último (lo que ya no es predicado de otro sujeto) en el espacio; y por esta razón este sujeto no puede tener otra magnitud que la cantidad de las partes homogéneas exteriores unas de otras. Ahora bien, el *movimiento propio* de la materia es un predicado que determina dicho sujeto del movimiento (lo movible), y en cuanto cantidad de lo movible indica la pluralidad de los sujetos movidos en una materia (con igual velocidad y en la misma dirección); mas éste no es el caso para las propiedades dinámicas, cuya magnitud puede ser también la de la acción de un solo sujeto (puesto que, por ejemplo, una molécula de aire puede tener más o menos elasticidad). Es evidente, por ello, que la cantidad de sustancia en una materia debe calcularse mecánicamente, es decir por medio de la cantidad de su propio movimiento, y no dinámicamente, por la magnitud de fuerzas motrices originarias. Sin embargo, la *atracción originaria,* en cuanto causa de la gravitación universal, puede procurar también una medida de la cantidad de la materia y de su sustancia (como sucede realmente en la comparación de materias mediante la pesa), aunque en este caso parece descansar no en el propio movimiento de la materia atrayente, sino en una medida dinámica, a saber, la fuerza de atracción. Pero, puesto que en esta fuerza la

acción de una materia sucede inmediatamente con todas sus partes sobre todas las de otra materia, su acción resulta ser (en distancias iguales) evidentemente proporcional al conjunto de sus partes. De esta manera, el cuerpo atrayente imparte él mismo la velocidad de su propio movimiento (a causa de la resistencia del cuerpo atraído). Esta velocidad es, en sus estados externos iguales, justamente proporcional al conjunto de sus partes. Por esto, el cálculo tiene lugar aquí, en realidad, mecánicamente, si bien sólo de modo indirecto.

Teorema 2

PRIMERA LEY DE LA MECÁNICA. En todos los cambios de la naturaleza corpórea, la cantidad de materia permanece la misma en el todo, sin aumento ni disminución.

Demostración

(Este principio es puesto a partir de la metafísica general como el fundamento, según el cual, ninguna sustancia se crea o desaparece en todos los cambios de la naturaleza. Aquí nos limitamos a exponer qué es la sustancia en la materia.) En toda materia lo movible en el espacio es el último sujeto de todos los accidentes inherentes a la materia, y el número de las partes movibles de la materia, exteriores unas de otras, es la cantidad de sustancia. Por tanto, la magnitud de la materia en relación con la sustancia, no es otra cosa que el conjunto de sustancias de que se compone. La cantidad de materia no puede ser aumentada o disminuida, a no ser que se genere o destruya una nueva sustancia de la materia. Ahora bien, en todos los cambios de la materia no se crea ni se pierde nunca la sustancia, por tanto, tampoco aumenta o disminuye la cantidad de materia, sino que permanece siempre la misma y, en realidad, en el todo, esto es, continúa en el universo con la misma cantidad, aunque tal o cual ma-

teria pueda aumentar o aminorarse por la adición o separación de las partes.

Observación

El punto esencial que en esta demostración caracteriza la *sustancia,* la cual sólo es posible en el espacio y según las condiciones del mismo, por tanto, únicamente como objeto del sentido *externo,* consiste en que su magnitud no puede ser aumentada ni disminuida sin que se generé o destruya la sustancia, porque toda magnitud de un objeto posible simplemente en el espacio debe constar de *partes separadas unas de otras*; por tanto, si ellas son *reales* (movibles), tienen que ser necesariamente sustancias. Por el contrario, aquello que se considera como objeto del sentido interno puede tener, como sustancia, una magnitud que no se componga de *partes exteriores unas de otras.* Sus partes no son, por consiguiente, sustancias. La generación o corrupción de esta cantidad no puede ser la generación o la corrupción de una sustancia; su acrecentamiento o aminoramiento de tal cantidad es posible por ello sin detrimento del principio de permanencia de la sustancia. De este modo, la *conciencia,* y por tanto la claridad de las representaciones de mi alma, en consecuencia, también la facultad de la conciencia, la apercepción, así como la sustancia misma del alma, tienen un *grado* que puede devenir mayor o menor, sin que una sustancia cualquiera deba generarse o corromperse para este fin. Pero, puesto que una disminución gradual de esta facultad de la apercepción terminaría finalmente en su completa desaparición, la sustancia misma del alma estaría sometida a una corrupción gradual, aun cuando ella misma fuese de naturaleza más simple, porque esta desaparición de su fuerza fundamental se produciría no por división (como al separar la sustancia de un compuesto), sino de alguna manera por extinción, e incluso no en un instante sino por una disminución sucesiva de su grado, cualquiera que sea, por demás, la causa. El Yo, el corre-

lato general de la apercepción, y que es en sí un mero pensamiento, designa, como un simple pronombre, una cosa de significación indeterminada, a saber, el sujeto de todos los predicados, sin ninguna condición que distinga esta representación del sujeto de la de algo en general, es decir, la sustancia, de la cual no se tiene ningún concepto de lo que es mediante dicha expresión. Por el contrario, el concepto de una materia como sustancia es el concepto de lo movible en el *espacio*. No es entonces sorprendente que pueda probarse la permanencia de la sustancia para la materia y no para el alma. Porque del *concepto* de materia, esto es, de lo movible sólo posible en el espacio, se desprende que aquello que tiene magnitud en ella contiene una pluralidad de partes reales externas unas de otras, es decir, de sustancias. Consecuentemente, la cantidad de materia sólo puede ser disminuida por división, lo cual no es una desaparición, y sería además imposible según la ley de la permanencia. El pensamiento Yo, por el contrario, no es *ningún concepto,* sino sólo una percepción interna. De este pensamiento no puede seguirse, por tanto, nada (a no ser la completa diferencia de un objeto del sentido interno y lo que es pensado simplemente como objeto del sentido externo); en consecuencia, tampoco puede concluirse la permanencia del alma como sustancia a partir de dicho pensamiento.

Teorema 3

SEGUNDA LEY DE LA MECÁNICA. Todo cambio de materia tiene una causa externa. (Todo cuerpo persevera en su estado de reposo o movimiento, en la misma dirección y con la misma velocidad, a no ser que una causa externa lo obligue a abandonar este estado.)

Demostración

(En la metafísica general se establece la proposición según la cual todo cambio tiene una *causa*. Aquí debe

solamente probarse de la materia que su cambio debe tener siempre una *causa* externa.) La materia como simple objeto del sentido externo, no tiene otras determinaciones que las de las relaciones externas en el espacio y sólo padece cambios en virtud del movimiento. Con respecto a éste, como cambio de un movimiento con otro o del movimiento con el reposo y viceversa, tiene que encontrarse una causa de tal cambio (según los principios de la metafísica). Pero esta causa no puede ser interna, pues la materia no tiene en absoluto determinaciones internas, ni principios de determinaciones internas. Todo cambio de una materia se funda, por tanto, en una causa externa (es decir, un cuerpo persevera, etc.).

Observación

Esta ley de la mecánica únicamente debe denominarse *ley de la inercia* (*lex inertiae*); la ley de una reacción igual opuesta a toda acción no puede llevar este nombre, pues ésta dice lo que la materia hace y aquélla sólo lo que no hace, lo cual se adecúa mejor a la expresión de la inercia. La inercia de la materia no es ni significa otra cosa que la *ausencia de vida* como materia en sí misma. La *vida* es la facultad de una *sustancia* de determinarse por sí misma para actuar a partir de un *principio interno* —de una *sustancia finita* que se determina a sí misma para el cambio— y de una *sustancia material* para determinarse a sí misma en el movimiento o en el reposo como cambio de su estado. Ahora bien, no conocemos de una sustancia otro principio interno para cambiar su estado que el *deseo* y, en general, ninguna otra actividad interna que el *pensar*, con aquello que depende de tal deseo, a saber, el *sentimiento* de placer o displacer y el apetito o la voluntad. Sin embargo, estos principios de determinación y estas acciones no pertenecen de ningún modo a las representaciones del sentido externo y, por consiguiente, tampoco a las determinaciones de la materia como tal. Toda materia en cuanto tal está, por tanto, *privada de*

vida. Esto dice el principio de inercia y nada más. Si buscamos la causa de un cambio cualquiera de la materia en la vida, la tendremos que buscar al mismo tiempo en otra sustancia diferente de la materia, aunque unida a ella. Pues en el conocimiento de la naturaleza es necesario conocer ante todo las leyes de la materia en cuanto tal y purificarlas del ingreso de todas las otras causas activas antes de enlazar estas leyes con tales causas, con el fin de distinguir exactamente qué actúa de cada una de tales leyes y cómo actúa por sí misma. En la ley de la inercia (junto con la de la persistencia de la sustancia) reposa completamente la posibilidad de una ciencia propiamente dicha de la naturaleza. El *hilozoísmo* sería lo contrario a esta ley y, por tanto, la muerte de toda filosofía de la naturaleza. De este concepto mismo de inercia como simple ausencia de vida se sigue el hecho de que la inercia no significa un *esfuerzo positivo* para mantener su estado. En esta última acepción, los seres vivos son únicamente los calificados de inertes, porque tienen una representación de otro estado, que ellos abominan y contra la cual se aplican con toda su fuerza.

Teorema 4

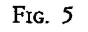
TERCERA LEY DE LA MECÁNICA. En toda comunicación de movimiento, la acción es siempre igual a la reacción.

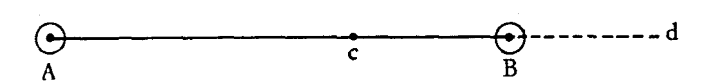
Demostración

(A partir de la metafísica general tiene que tomarse la proposición: toda acción externa en el mundo es una *acción recíproca.* Bastará mostrar acá, para permanecer en los límites de la mecánica, que esta acción recíproca (*actio mutua*) es al mismo tiempo *reacción* (*reactio*). Pero no se puede, sin ir en detrimento de la investigación, dejar completamente de lado esta ley metafísica de la co-

munidad. Todas las relaciones *activas* de las materias en el *espacio* y todos los cambios de estas relaciones, en tanto pueden ser *causas* de ciertas acciones, deben representarse siempre como recíprocos, es decir, puesto que todo cambio de estas relaciones es movimiento, no puede pensarse ningún movimiento de un cuerpo con relación a otro *absolutamente en reposo,* que deba ser puesto así en movimiento. Por el contrario, es necesario representarse este cuerpo sólo como *relativamente en reposo* de acuerdo al espacio con que se lo relacione; pero este cuerpo tiene que ser representado como movido conjuntamente con este espacio, aunque en una dirección opuesta; sin embargo, con la misma cantidad de movimiento en el espacio absoluto que tiene el cuerpo movido en el mismo espacio. Pues el cambio de relación (es decir, el movimiento) es completamente recíproco entre ambos cuerpos; en la medida en que uno de los cuerpos se acerca a cada parte del otro, el otro se aproxima a cada parte del primero. Y como lo más importante aquí no es el espacio empírico que rodea los dos cuerpos, sino solamente la línea que se encuentra entre ellos (puesto que estos dos cuerpos son considerados en relación recíproca, según la influencia que el movimiento del uno pueda tener sobre el cambio del estado del otro, abstracción hecha de toda relación con el espacio empírico), su movimiento se considera únicamente como determinable en el espacio absoluto, en el que cada uno de los dos cuerpos debe participar igualmente en el movimiento atribuido a uno de ellos en el espacio relativo, pues no hay ninguna razón para atribuir más movimiento a uno que a otro. De esta manera, el movimiento de un cuerpo *A* frente a otro *B* en reposo, con respecto al cual el primero puede ser así motriz, se reduce al espacio absoluto, es decir, se considera el movimiento en cuestión simplemente como la relación entre sí de causas actuantes; y el movimiento aparece de este modo como si ambos cuerpos participaran igualmente del movimiento, que en el fenómeno tan sólo se atribuye al cuerpo *A*. Esto sólo puede suceder de la siguiente manera: La velocidad, atri-

buida solamente al cuerpo *A* en el espacio relativo, se encuentra distribuida entre *A* y *B* en proporción inversa de sus masas; la velocidad de *A* se da solamente en el espacio absoluto, la de *B*, por el contrario, en conexión con el *espacio relativo* en que reposa, y en dirección opuesta. Así se conserva el fenómeno mismo del movimiento perfectamente, pero la acción en la comunidad de los dos cuerpos se construye como sigue:


Fig. 5



sea un cuerpo *A* con una velocidad = *AB* con respecto al espacio relativo, que se dirige hacia el cuerpo *B*, el cual se encuentra en reposo relativamente al mismo espacio. Dividamos la velocidad *AB* en dos partes, *Ac* y *Bc*, las cuales se comportan inversamente la una con relación a la otra como las masas *B* y *A*. Supongamos *A* como movido en el espacio absoluto con una velocidad *Ac*, y *B* con velocidad *Bc*, en dirección opuesta, junto con el *espacio relativo*. De este modo, ambos movimientos son, por tanto, opuestos e iguales entre sí y, puesto que se destruyen recíprocamente, los dos cuerpos se trasponen entre sí en el espacio absoluto en un estado de reposo. Sin embargo, *B* tenía con la velocidad *Bc* la dirección *BA*, opuesta exactamente a la del cuerpo *A*, a saber, *AB*, y dirigiéndose hacia allí *con el espacio relativo.* Por tanto, si el movimiento del cuerpo *B* es destruido por el choque, no por eso es destruido el movimiento del espacio relativo. De esta manera, después del choque y con respecto a ambos cuerpos *A* y *B* (los cuales están, sin embargo, en reposo en el espacio absoluto), el *espacio relativo* se mueve en la dirección *BA* con velocidad *Bc* o, lo que es lo mismo, ambos cuerpos se mueven después del choque con una velocidad igual *Bd* = *Bc* en

la dirección del choque *AB*. Ahora bien, según lo que precede, la cantidad de movimiento del cuerpo *B* en la dirección y con la velocidad *Bc* y, por tanto, también la cantidad de movimiento de *B* en la dirección *Bd* con la misma velocidad, es igual a la cantidad de movimiento del cuerpo *A* con la velocidad y en la dirección *Ac*. Por consiguiente, el efecto, esto es, el movimiento *Bd* imprimido al cuerpo *B* por el choque en el espacio relativo, y en consecuencia, también la acción del cuerpo *A* con la velocidad *Ac*, es siempre igual a la reacción *Bc*. La misma ley (como lo enseña la mecánica matemática) no padece ninguna alteración, cuando en el lugar del choque contra un cuerpo en reposo se supone un choque del mismo cuerpo contra uno igualmente en movimiento y, asimismo, la comunicación del movimiento por el choque no difiere del movimiento debido a la *tracción* más que por la dirección en la que las materias resisten unas a otras en sus movimientos. De todo esto se sigue que en *toda comunicación de movimiento* la acción y la reacción son siempre iguales entre sí (que todo choque puede comunicar el movimiento de un cuerpo a otro sólo por medio de un contrachoque igual, toda presión por medio de una contrapresión igual y, similarmente, toda tracción por una contratracción igual) [1].

---

[1] En la Foronomía se consideraba el movimiento de un cuerpo simplemente con respecto al espacio como un cambio de relación *en el mismo,* y por eso era indiferente si yo quería conceder un movimiento al cuerpo en el espacio o, en su lugar, un movimiento igual en el espacio relativo pero en sentido contrario; en ambos casos se encontraría el mismo fenómeno. La cantidad de movimiento del espacio era simplemente la velocidad, y por esta razón, la del cuerpo era igualmente su velocidad (es el porqué se podía considerar el cuerpo como un mero punto movible). Pero en la Mecánica, un cuerpo se considera en movimiento hacia otro, respecto al cual tiene una *relación causal* en virtud de su movimiento, a saber, la de moverlo a él mismo, en tanto entra en comunicación con este otro cuerpo, ya sea por la fuerza de impenetrabilidad en su aproximación, ya sea por la fuerza de atracción en su alejamiento. Por este motivo no es ahora lo mismo si adjudico un movimiento a uno de estos cuerpos, o un movimiento

Corolario 1

De lo anterior se sigue una ley de la naturaleza que tiene su importancia para la mecánica general, a saber, que todo cuerpo, tan grande como sea su masa, debe ser movible por el choque de cualquier otro cuerpo, no importando cuán pequeña sea su masa o velocidad, pues al movimiento de *A* en la dirección *AB*, corresponde necesariamente un movimiento opuesto e igual de *B* en la dirección *BA*. Estos dos movimientos se suprimen entre sí por el choque en el espacio absoluto. Pero de esta manera ambos cuerpos conservan una velocidad *Bd* = *Bc* en la dirección del cuerpo que choca; por consiguiente, el cuerpo *B* es movible por toda fuerza de choque, tan pequeña como sea.

---

opuesto al espacio. Pues a partir de ahora entra en juego otro concepto de la cantidad de movimiento, a saber, no el que simplemente se piensa con respecto al espacio y que sólo consta de velocidad, sino aquel en que tiene que considerarse al mismo tiempo la cantidad de sustancia (como causa motriz). Y esto no es aquí ya algo arbitrario, sino *necesario*, para suponer cada uno de los dos cuerpos como movidos y, en realidad, con una misma cantidad de movimiento en una dirección contraria. Pero si un cuerpo está relativamente en reposo con respecto a su espacio. entonces es necesario atribuirle el movimiento requerido tanto al cuerpo como al espacio. Pues uno de estos cuerpos no puede obrar sobre el otro por medio de su propio movimiento, a no ser en la aproximación mediante la fuerza repulsiva, o por medio de la fuerza atractiva si se aleja.

Ahora bien, puesto que ambas fuerzas actúan siempre igual y recíprocamente en direcciones opuestas, ningún cuerpo puede actuar por sí mismo sobre el otro, salvo en la medida en que el otro cuerpo reaccione con la misma cantidad del movimiento. Por tanto, ningún cuerpo puede por su propio movimiento comunicar movimiento a un cuerpo *absolutamente en reposo*, sino que éste tiene que ser movido (junto con su espacio) en la dirección contraria con una cantidad de movimiento igual a la que él debe conservar mediante el movimiento del primer cuerpo y en la dirección del mismo. El lector verá fácilmente que a pesar de ser algo inusual este modo de representarse en sí la comunicación del movimiento, puede localizarse, sin embargo, en la más clara luz, si no se retrocede ante las dificultades de la explicación.

Corolario 2

Tal es entonces la ley mecánica de la igualdad de la acción y de la reacción. Esta ley estriba en que ninguna *comunicación* de movimiento tendría lugar, a no ser que se admitiera una *comunidad* de estos movimientos; por tanto, en que ningún cuerpo rechaza a otro que se encuentra en reposo *con relación a él,* sino que más bien el primer cuerpo choca al segundo, sólo en tanto el segundo está en reposo con respecto a su espacio; y así el primero choca al segundo, en cuanto el segundo, junto con su espacio, se mueve en igual medida, pero en dirección contraria, con el movimiento que luego retorna al primer cuerpo con su componente relativo y el cual, como un todo, produce la cantidad de movimiento que tendríamos que atribuir a este primer cuerpo en el espacio absoluto. Pues ningún *movimiento* que deba ser motriz con relación a otro cuerpo, puede ser *absoluto*; pero si él es relativo con respecto a este último, no hay ninguna relación en el espacio que no sea recíproca e igual. Sin embargo, hay aún otra ley, a saber, la ley dinámica de la igualdad de la acción y de la reacción de las materias, no en cuanto la una *comunica* a la otra su movimiento, sino en tanto se lo *confiere originariamente* a la segunda, produciéndolo en sí al mismo tiempo, en virtud de la resistencia que ésta le opone. Es fácil demostrar esta ley de modo semejante. Pues si la materia *A* atrae la materia *B*, entonces *A* obliga a *B* a aproximársele o, lo que es igual, *A resiste* a la fuerza con que *B* se esfuerza por *alejarse*. Pero, puesto que es indiferente si *B* se aleja de *A* o *A* de *B*, esta resistencia es al mismo tiempo una resistencia que el cuerpo *B* ejerce contra *A*, en la medida en que *A* se esfuerce por alejarse de *B*; por tanto, la tracción es igual a la tracción contraria. Asimismo si *A* repele la materia *B*, entonces *A* resiste a la *aproximación* de *B*. Pero como es indiferente si *B* se aproxima a *A* o *A* a *B*, también *B* resiste justamente tanto como la aproximación de *A*. De aquí se sigue que presión y contrapresión son siempre iguales entre sí.

Observación 1

Esta es por tanto la construcción de la comunicación del movimiento que conlleva al mismo tiempo la ley de la acción y de la reacción como su condición necesaria. Newton no se atrevió a probar la aprioridad de esta ley, sino que hizo el llamado a la *experiencia* para probarla. Por complacer esta ley, otros introdujeron en la ciencia de la naturaleza una fuerza especial cuyo nombre fue dado en primer término por Kepler: *fuerza de la inercia* (*vis inertiae*); en lo fundamental también la derivaron de la experiencia. Finalmente, otros la localizaron en el concepto de una simple comunicación del movimiento, el cual consideraron como el paso gradual del movimiento de uno de los cuerpos al otro; en este caso, el cuerpo motriz debía perder tanto movimiento como el comunicado por él al cuerpo movido hasta que cesara de imprimirle más movimiento (es decir, hasta haber llegado con el último a la igualdad de velocidad en la misma dirección)[2]. De esta manera, ellos suprimían en realidad toda

[2] La igualdad de la acción con la —en este caso denominada falsamente— reacción, se presenta justamente tan bien, cuando alguien con la hipótesis de la *transfusión* de los movimientos de un cuerpo en otro, admite que el cuerpo movido *A* transmite todo su movimiento en un instante al cuerpo en reposo. Por tanto, el cuerpo *A* permanecería en reposo después del choque; este caso era inevitable tan pronto se pensaban ambos cuerpos como *absolutamente duros* (cuya propiedad debe distinguirse de la elasticidad). Pero, puesto que esta ley del movimiento no concuerda en su aplicación ni con la experiencia, ni consigo misma, no se podría hacer otra cosa que negar la existencia de cuerpos absolutamente duros. Esto sería tanto como admitir la contingencia de esta ley, en la medida en que debería reposar en la cualidad particular de las materias que se mueven entre sí.

En nuestra exposición de esta ley es, por el contrario, indiferente, si se quiere pensar los cuerpos que chocan como absolutamente duros, o no. Pero es completamente incomprensible para mí cómo los *transfusionistas* del movimiento quieren explicar a su manera el movimiento de cuerpos *elásticos* por el choque, pues es claro que el cuerpo, en tanto se encuentra simplemente en reposo, no recibe el movimiento que pierde el cuerpo impelente, sino que el cuerpo en reposo ejerce una fuerza real en dirección con-

reacción, esto es, toda fuerza verdaderamente reactiva del cuerpo que recibe el choque contra aquel que lo ocasiona (la cual estaría en capacidad de tensionar un resorte) y, además, no demostraban lo que menciona propiamente la así denominada ley; no explicaban en absoluto la comunicación del movimiento mismo según su posibilidad, pues la expresión «tránsito del movimiento de un cuerpo a otro», no explica nada. Y si no se quisiera tomar esta transferencia literalmente (puesto que se opone al principio: *accidentia non migrant e susbstantiis in substantias*) como si un movimiento fuera vertido de un cuerpo en otro, como el agua de un vaso en otro; entonces el problema consiste aquí en mostrar cómo podría hacerse comprensible esta posibilidad, cuya explicación se apoya directamente en el mismo fundamento, del cual se deriva la ley de la igualdad de la acción y de la reacción. No puede pensarse siquiera cómo el movimiento de un cuerpo *A* puede estar unido necesariamente con el de un cuerpo *B*, a menos que se piensen en ambos fuerzas que les correspondan (dinámicamente) antes de todo movimiento, por ejemplo, la repulsión. Y ahora se puede demostrar con estas fuerzas que el movimiento del cuerpo *A* al aproximarse a *B*, está unido por necesidad a la aproximación de *B* hacia *A* y, si *B* se considera en reposo, está conectado con el movimiento de *B* hacia *A* conjuntamente con su *espacio,* en tanto los cuerpos con sus fuerzas motrices (originarias) se consideran en movimiento sólo de modo relativo entre sí. Por ello, esto último puede comprenderse completamente *a priori* de tal modo que, sea que el cuerpo *B* esté en reposo o bien en movimiento con respecto al espacio cognoscible empíricamente, debe ser considerado como movido necesariamente en relación con el cuerpo *A*, y, en realidad, movido en una dirección opuesta, ya que de lo contrario *A* no podría ejercer in-

---

traria contra el cuerpo impelente, para comprimir en cierto modo el resorte tendido entre ellos, lo cual exige, por parte del cuerpo en reposo justamente tanto movimiento real (pero en dirección contraria) como lo requiera por su parte el cuerpo que lo mueva para este fin.

fluencia sobre la fuerza repulsiva de ambos cuerpos y, sin esta influencia, no sería posible ninguna acción mecánica de las materias entre sí, es decir, ninguna comunicación del movimiento por choque.

Observación 2

La denominación fuerza inercial (*vis inertiae*) debe ser entonces, a pesar del nombre célebre de su autor, completamente eliminada de la ciencia de la naturaleza no sólo porque ella contiene una contradicción en la expresión misma, o porque la ley de la inercia (la ausencia de vida) podría ser fácilmente confundida con la ley de la reacción en toda comunicación de movimiento, sino ante todo, porque de este modo se conserva y fortalece la representación errónea de aquellos que no están muy al tanto de las leyes mecánicas. De acuerdo con esta representación, la reacción de los cuerpos, de la que hablamos bajo el nombre de inercia, radicaría en que el movimiento en el mundo sería consumido, disminuido o aniquilado. Pero la mera comunicación de movimiento no se efectuaría por tal reacción en tanto el cuerpo movido tendría que emplear una parte de su movimiento, únicamente con el fin de superar la inercia del cuerpo en reposo (lo cual sería pura pérdida) y no podría poner en movimiento este último cuerpo más que con la parte que le queda; sin embargo, si no le restara movimiento no podría por su choque poner en movimiento este último, a causa de su gran masa. Nada puede resistir a un movimiento, a no ser el movimiento opuesto de otro cuerpo; pero el reposo de este otro no puede hacerlo en manera alguna. Aquí, por consiguiente, no es la inercia de la materia, es decir, la simple imposibilidad de moverse por sí misma, la causa de una resistencia. Una fuerza particular y completamente peculiar, destinada solamente a resistir sin poder poner un cuerpo en movimiento, sería, bajo el nombre de fuerza de la inercia, una palabra sin ningún significado. Convendría entonces denominar las tres le-

yes de la mecánica de la siguiente manera: *ley de la sustancia, de la inercia y de la reacción de las materias* (*lex subsistentiae, inertiae et antagonismi*) *en relación con todos los cambios de la materia.* Que estas leyes y, por tanto, todos los teoremas de la presente ciencia, respondan exactamente a las categorías de *sustancia,* de *causalidad* y de comunidad, no requiere de una discusión adicional, en tanto estos conceptos se aplican a la materia.

Observación general de la mecánica

La comunicación del movimiento tiene lugar únicamente por medio de fuerzas motrices, inherentes también a una materia en reposo (impenetrabilidad y atracción). La acción de una fuerza motriz en un instante sobre un cuerpo es la *solicitación* del mismo; la velocidad de este último, producida por la solicitación, en tanto pueda acrecentarse en proporción igual al tiempo, es el *momento* de la aceleración. (El momento de la aceleración sólo debe contener entonces una velocidad infinitamente pequeña, porque de otro modo el cuerpo lograría a través del momento de aceleración una velocidad infinita en un tiempo dado, lo cual es imposible. Además, la posibilidad de la *aceleración* en general estriba, por la persistencia del momento, en la ley de la inercia.) La solicitación de la materia en virtud de la fuerza expansiva (por ejemplo, por el aire comprimido que porta un peso) sucede siempre con una velocidad finita, pero la velocidad que es así impresa (o atraída) sobre otro cuerpo, solamente puede ser infinitamente pequeña. En efecto, la fuerza expansiva sólo es una fuerza superficial o, lo que es lo mismo, es el movimiento de un *quantum* infinitamente pequeño de materia, y este movimiento debe ocurrir, por tanto, con una velocidad finita, con el fin de ser igual al movimiento de un cuerpo de masa finita con una velocidad infinitamente pequeña (con un peso). Por el contrario, la atracción es una fuerza penetrante por medio de la cual un *quantum* finito de materia ejerce una fuerza motriz sobre

un *quantum* igualmente finito de otra materia. La solicitación de la atracción tiene que ser entonces infinitamente pequeña, porque es igual al momento de la aceleración (el cual debe ser siempre infinitamente pequeño). Ahora bien, éste no es el caso para la repulsión, por cuanto una parte infinitamente pequeña de materia debe imprimir un momento a una parte finita. No se puede pensar ninguna atracción con velocidad finita sin que la materia deba penetrarse a sí misma por su propia fuerza de atracción. Pues la atracción que una cantidad finita de materia ejerce sobre otra cantidad finita con una velocidad finita debe ser superior en todos los puntos de la compresión a toda velocidad finita, con la que la materia reacciona por medio de su impenetrabilidad, pero solamente con una parte infinitamente pequeña de la cantidad de su materia. Si la atracción es simplemente una fuerza superficial, tal como se piensa la cohesión, entonces resultaría lo contrario de esto; sin embargo, es imposible pensar la cohesión de este modo, si debe haber allí atracción verdadera (y no una compresión simplemente externa). Un cuerpo absolutamente duro sería aquel cuyas partes se atraerían recíprocamente de modo tan fuerte que no podrían ser separadas por ningún peso, ni alteradas en su *posición con respecto a otras*. Ahora bien, las partes de la materia de dicho cuerpo tendrían que atraerse con un momento de aceleración que sería infinito frente al momento de la aceleración de la gravedad, pero finito comparado con el momento de aceleración de la masa puesta así en movimiento. A causa de esto, la resistencia por impenetrabilidad como fuerza expansiva, puesto que la resistencia siempre ocurre con una cantidad infinitamente pequeña de materia, debería producirse con una velocidad de solicitación superior a toda velocidad finita, es decir, la materia se esforzaría por extenderse con una velocidad infinita, lo que es imposible. De este modo, un cuerpo absolutamente duro, es decir, un cuerpo que *en un instante* opusiera al choque de un cuerpo, que se mueve con una velocidad finita, una resistencia igual a toda la fuerza de éste, es imposible. Por consiguiente, una

materia produce solamente una resistencia infinitamente pequeña, por su impenetrabilidad o cohesión, a la fuerza de un cuerpo con movimiento finito en un instante. De aquí se sigue ahora la ley mecánica de la continuidad (*lex continui mechanica*), a saber: en ningún cuerpo cambia el estado de reposo o de movimiento, y en este último la velocidad o la dirección no son alteradas por el choque en un instante, sino solamente en un cierto tiempo a través de una serie infinita de estados intermedios, cuya diferencia entre sí es inferior a la que hay entre el primero y el último de tales estados. Un cuerpo movido que choca con una materia no llega al reposo de una vez, sino sólo por una disminución continua; o un cuerpo que estaba en reposo es puesto en movimiento sólo por una aceleración continua, o pasa de un grado determinado de velocidad a otro, de acuerdo con la misma regla; de modo semejante, la dirección del movimiento de un cuerpo es alterada por una dirección tal, que forma un ángulo con la primera, y no de otra manera que mediante todas las direcciones intermedias posibles, es decir, por medio del movimiento en una línea curva (por una razón análoga, esta ley puede extenderse también al cambio de estado de un cuerpo, ocasionado por la atracción). Esta *lex continui* se funda en la ley de la inercia de la materia, aun cuando la ley *metafísica* de continuidad tendría que extenderse a todos los cambios en general (tanto internos como externos); ella se fundaría, por tanto, en el mero *concepto de un cambio en general* como magnitud y en el de la producción de dicho cambio (esta producción sucede continuamente en un cierto tiempo, así como el tiempo mismo). Y esta ley metafísica no tiene entonces lugar aquí.

IV. Principios metafísicos de la Fenomenología

Enunciado

La materia es lo movible, en tanto lo movible, en cuanto tal, puede ser un objeto de la experiencia.

Observación

El movimiento, así como todo lo que se representa a través de los sentidos, sólo se da como fenómeno. Para que su representación devenga experiencia, se requiere además que algo sea pensado por el entendimiento, es decir, que al modo como la representación es inherente al *sujeto,* se añada aún la determinación de un *objeto* mediante esta representación. Lo movible, en cuanto tal, deviene así objeto de la experiencia, cuando un cierto *objeto* (en este caso una cosa material) se piensa como *determinado* con respecto al predicado del movimiento. Pero el movimiento es el cambio de la relación en el

espacio. Aquí hay siempre entonces dos términos correlativos: *Primeramente* puede atribuirse el cambio en el fenómeno, tanto al uno como al otro de estos correlatos; y lo *mismo* o bien lo *otro* puede ser llamado movido, por cuanto ambas atribuciones son equivalentes; en *segundo lugar,* uno de estos correlatos debe pensarse en la experiencia como movido, con la exclusión de lo otro; o bien, en *tercer término,* ambos tienen que representarse necesariamente por la razón como movidos al mismo tiempo. El fenómeno, que sólo contiene la relación en el movimiento (de acuerdo con el cambio de la relación), no encierra ninguna de estas determinaciones; pero si lo movible, *en cuanto tal,* tiene que pensarse conforme a su movimiento, esto es, con miras a una experiencia posible, entonces es necesario mostrar las condiciones bajo las cuales el objeto (la materia) debe determinarse de una u otra manera mediante el predicado del movimiento. No se trata aquí de la transformación de la apariencia en verdad, sino del fenómeno en experiencia, pues con respecto a la apariencia el entendimiento siempre está en juego con sus juicios al determinar un objeto, aun cuando existe el peligro de que él tome lo subjetivo por lo objetivo; pero en el fenómeno no puede encontrarse ningún juicio del entendimiento. Es necesario anotar esto no solamente aquí, sino en toda la filosofía, porque cuando se habla de fenómenos y se toma esta expresión como idéntica en significado a la de apariencia, siempre se la ha comprendido mal.

Teorema 1

Con respecto al espacio empírico, el movimiento rectilíneo de una materia es, a diferencia del movimiento opuesto del espacio, un predicado simplemente *posible.* Justamente el mismo movimiento, pensado sin ninguna relación con una materia exterior a él, es decir, *como movimiento absoluto,* es *imposible.*

Demostración

Si se dice acerca de un cuerpo movido en el espacio relativo que este espacio está en reposo o, por el contrario, que mientras es movido con una velocidad igual en la dirección opuesta, el cuerpo está en reposo, no hay en este caso ningún conflicto que corresponda al objeto, sino solamente a su relación con el sujeto, por tanto, al fenómeno y no a la experiencia. Porque si el espectador se sitúa en el mismo espacio que está en reposo, entonces para él esto quiere decir que el cuerpo es movido; si se coloca (al menos en el pensamiento) en otro espacio que incluya el precedente, con respecto al cual el cuerpo está igualmente en reposo, para él esto significa que aquel espacio relativo es movido. Por tanto, en la experiencia (de un conocimiento que determina el objeto de una manera verdadera para todos los fenómenos) no hay ninguna diferencia entre el movimiento del cuerpo en el espacio relativo, o el reposo del cuerpo en el espacio absoluto, y el movimiento igual pero contrario del espacio relativo. Ahora bien, la representación de un objeto por medio de uno de dos predicados que son igualmente válidos con miras al objeto y sólo se distinguen entre sí con respecto al sujeto y su modo de representación, no es una determinación según un juicio *disyuntivo,* sino simplemente la elección de acuerdo con un juicio *alternativo* (el juicio disyuntivo toma para la determinación del objeto uno de dos predicados, *objetivamente* opuestos, con la exclusión de su contrario, pero el juicio alternativo asume para la determinación del objeto uno de dos juicios que son objetivamente equivalentes, pero subjetivamente opuestos el uno del otro, sin la exclusión del contrario del objeto, en consecuencia por mera elección)[1]. Esto significa que a través del concepto de movimiento como objeto de la experiencia permanece en sí indeterminado,

[1] En la Observación general, al final del capítulo, se insistirá además en la distinción entre la oposición disyuntiva y la alternativa.

es decir, indiferente, si se representa un cuerpo como movido en el espacio relativo o si se representa éste como movido con miras a aquél. Ahora bien, lo que es indeterminado en sí con respecto a dos predicados opuestos es, en este sentido, simplemente *posible*. Por consiguiente, el movimiento rectilíneo de una materia en el espacio empírico es en la experiencia, a diferencia del movimiento igual y opuesto del espacio, un predicado meramente posible. Este era el primer punto. Además, una relación, y por ende, también un cambio de ésta, es decir, un movimiento, puede ser objeto de la experiencia sólo en la medida en que los dos términos correlativos sean objetos de la experiencia; pero el espacio puro, llamado también espacio absoluto en oposición al espacio relativo (empírico), no es ningún objeto de la experiencia y, en general, no es nada. Por esta razón, el movimiento rectilíneo no puede relacionarse con algo empírico, lo cual significa que el movimiento absoluto es sencillamente imposible. Este era el segundo punto.

Observación

Este teorema determina la modalidad del movimiento con respecto a la *Foronomía*.

Teorema 2

El movimiento circular de una materia es, a diferencia del movimiento opuesto al espacio, un predicado *real* de la materia; pero el movimiento contrario a un espacio relativo, tomado en lugar del movimiento del cuerpo, no es un movimiento real; si se lo considera como tal, dicho movimiento es una mera apariencia.

Demostración

El movimiento circular es (así como todo movimiento curvilíneo) un cambio continuo del movimiento rectilí-

neo y, puesto que éste es en sí mismo un cambio continuo de la relación con respecto al espacio externo, el movimiento circular es entonces un cambio del cambio de estas relaciones externas en el espacio, en consecuencia, un continuo generarse de nuevos movimientos. Ahora bien, de acuerdo con la ley de la inercia, un movimiento en tanto se produce debe tener una causa externa, pero el cuerpo en todo punto de este círculo tiende por sí mismo (según la misma ley) a continuar en la línea recta tangente a él, y este movimiento actúa contra aquella causa externa. A causa de ello, todo cuerpo en movimiento circular prueba por su movimiento una fuerza motriz. Sin embargo, el movimiento del espacio, a diferencia del movimiento del cuerpo, es ahora simplemente *foronómico* y no posee ninguna fuerza motriz. En consecuencia, el juicio según el cual lo movido aquí sería o bien el cuerpo o bien el espacio, en la dirección opuesta, es un juicio *disyuntivo,* por el que, si se fija uno de los términos, a saber, el movimiento del cuerpo, se excluye con ello el otro término, esto es, el movimiento del espacio. Por consiguiente, el movimiento circular de un cuerpo, a diferencia del movimiento del espacio, es un movimiento *real.* A pesar de que el movimiento del espacio, conforme al fenómeno, concuerda con el movimiento circular del cuerpo, sin embargo, en la conexión de todos los fenómenos, es decir, en la experiencia posible, el primer movimiento entra en conflicto con el último; por esta razón, el primero no es más que mera apariencia.

Observación

Este teorema determina la modalidad del movimiento con miras a la Dinámica, pues un movimiento que no pueda llevarse a cabo sin la influencia de una fuerza motriz externa que actúe de manera continua, prueba mediata o inmediatamente las fuerzas motrices originarias de la materia, ya sea la atracción o la repulsión. Por lo demás, puede consultarse el final del *scholium* de Newton

acerca de este problema, el cual concierne a las definiciones con las que da comienzo a sus *Princ. Phil. Nat. Math.* A partir de allí se hace claro que el movimiento circular de dos cuerpos en torno a un centro común (por tanto, también la rotación de la tierra sobre su eje), igualmente en el espacio vacío, sin ninguna comparación posible a través de la experiencia *con el espacio externo,* puede, no obstante, conocerse por medio de la experiencia, y que, en consecuencia, un movimiento que sea un cambio de las relaciones externas en el espacio puede darse empíricamente, aunque este espacio en sí mismo no se dé de esta forma y no sea ningún objeto de la experiencia. Esta paradoja merece ser resuelta.

Teorema 3

En todo movimiento de un cuerpo, por el que éste ejerce una acción motriz sobre otro, es *necesario* un movimiento igual y contrario de este otro cuerpo.

Demostración

Según la tercera ley de la Mecánica (teorema 4), la comunicación del movimiento de los cuerpos es posible únicamente por la comunidad de sus fuerzas motrices originarias, y esta comunidad sólo es posible por un movimiento igual y opuesto recíprocamente. El movimiento de ambos cuerpos es, por consiguiente, real. Pero como la realidad de este movimiento no se funda (como en el segundo teorema) en la influencia de fuerzas externas, sino que resulta inmediata e inevitablemente del concepto de la relación de lo movido en el espacio con todo otro cuerpo, que de este modo es *movible,* el movimiento de este último cuerpo es *necesario.*

Observación

Este teorema determina la modalidad del movimiento con respecto a la Mecánica. Cabe anotar, además, que

estos tres teoremas determinan el movimiento de la materia en lo concerniente a su *posibilidad, realidad* y *necesidad*; ellos se encuentran, por tanto, bajo la mirada de las tres categorías de la *modalidad.*

Observación general de la Fenomenología.

Se han mostrado aquí tres conceptos cuyo uso es inevitable en la ciencia general de la naturaleza y cuya determinación exacta es, por esta razón, necesaria, aunque no sea tan fácil ni tan aprehensible. Ellos son, a saber: el concepto de *movimiento en el espacio relativo* (movible); en segundo lugar, el concepto de *movimiento en el espacio absoluto* (inmóvil), y, por último, el concepto del *movimiento relativo* en general a diferencia del absoluto. Todos tienen por fundamento el espacio absoluto. Pero ¿cómo llegamos a este concepto inusual y en qué se funda la necesidad de su uso?

Tal concepto no puede ser un objeto de la experiencia, pues el espacio sin materia no es ningún objeto de la percepción; sin embargo, es un concepto necesario de la razón y con ello nada más que una simple *idea.* Porque, con el fin de que también el movimiento pueda darse únicamente como fenómeno, es necesaria una representación empírica del espacio, con respecto a la cual lo movible deba cambiar su relación; pero el espacio que debe ser percibido tiene que ser material y, por tanto, en sí mismo movible, de acuerdo con el concepto de una materia en general. Ahora bien, para pensar este espacio como movido, se lo puede pensar simplemente como contenido en un espacio de mayor extensión, y puede suponerse este último en reposo. Pero con este espacio puede disponerse justamente lo mismo con respecto a un espacio aún más extenso, y así hasta el infinito, sin lograr nunca por la experiencia un espacio inmóvil (no material), en relación con el cual pueda atribuirse sencillamente movimiento o reposo a una materia. Por el contrario, deberá modificarse constantemente el concepto de estas determinaciones de relaciones según se considere lo mo-

vible en relación con uno u otro de estos espacios. Ahora bien, puesto que la condición para considerar algo en reposo o en movimiento, está a su vez condicionada al infinito en el espacio relativo, es claro en *primera instancia* que todo movimiento o reposo sólo podría ser relativo y de ninguna manera absoluto, esto es, que la materia sólo podría pensarse como movida o en reposo en relación con la materia, pero nunca con el simple espacio sin materia. Por tanto, un movimiento absoluto, es decir, un movimiento pensado sin la relación de una materia con otra, es sencillamente imposible. En *segundo lugar,* también por esta razón es igualmente imposible un concepto de movimiento o de reposo, válido *para todo fenómeno* en el espacio relativo, pues es preciso, por el contrario, pensar un espacio en el que el espacio relativo mismo pueda ser pensado como movido; pero de acuerdo con su determinación, no depende ya de otro espacio empírico y, por consiguiente, no está condicionado de nuevo, es decir, es un espacio absoluto con el que podrán relacionarse todos los movimientos relativos y en que todo lo empírico es movible. Precisamente por esta razón, en este espacio todos los movimientos de los cuerpos materiales pueden ser válidos como simplemente relativos los unos frente a los otros, y como recíprocamente alternativos[2]; pero ninguno puede ser válido en cuanto

---

[2] En la lógica, la expresión 0 — 0 (Entweder-Oder) indica siempre un juicio *disyuntivo,* porque si uno de los términos es verdadero, el otro será necesariamente falso. Por ejemplo, un cuerpo está 0 en movimiento, 0 no lo está, es decir, en reposo, pues en este caso se habla únicamente de la relación del conocimiento con el objeto. En la doctrina del fenómeno, donde lo que importa es la relación con el sujeto, para determinar, según él, la relación de los objetos, se trata de algo distinto, ya que la proposición: o el cuerpo está en movimiento y el espacio en reposo, o viceversa, no es una proposición disyuntiva en relación objetiva, sino en relación subjetiva, y los dos juicios contenidos en ella son válidos *alternativamente.* Por el contrario, en la misma Fenomenología, donde no se considera el movimiento simplemente desde el punto de vista foronómico sino dinámico, es necesario tomar la proposición disyuntiva en un sentido objetivo, esto es, en lugar de la rotación de un cuerpo, no puedo suponer el reposo de este

movimiento o reposo absoluto (porque, en tanto el uno es llamado movido, el otro, que se halla en movimiento en relación con aquél, se representa, sin embargo, como absolutamente en reposo). El espacio absoluto es, por tanto, necesario no como concepto de un objeto real, sino como una idea que debe servir de regla para considerar en él todo movimiento simplemente como relativo; y todo movimiento y todo reposo deben reducirse al espacio absoluto, si se quiere transformar allí el fenómeno en un concepto determinado de experiencia (al ser unificados todos los fenómenos por este concepto).

Se reduce así al espacio absoluto el movimiento rectilíneo de un cuerpo en el espacio relativo, cuando pienso el cuerpo como inmóvil en sí, y el espacio relativo como movido en la dirección contraria en el espacio absoluto (el cual no cae bajo los sentidos), y cuando pienso esta representación como la que da precisamente el mismo fenómeno. Por medio de esta representación, todos los fenómenos posibles de movimientos rectilíneos que un cuerpo podría tener al mismo tiempo se reducen al concepto de experiencia, el cual los une conjuntamente, esto es, al concepto de movimiento y de reposo simplemente relativos.

El *movimiento circular*, que según el segundo teorema puede darse en la experiencia e, igualmente, sin relación con el espacio externo empíricamente dado, como movimiento real, parece ser de hecho un movimiento absoluto. Pues el movimiento relativo con respecto al espacio externo (por ejemplo, la rotación de la tierra alrededor de su eje relativamente a las estrellas celestes) es un fe-

---

cuerpo y, por el contrario, el movimiento opuesto del espacio. Pero si se considera el movimiento *mecánicamente* (como cuando un cuerpo choca contra otro que está aparentemente en reposo), es necesario emplear con respecto al objeto la forma disyuntiva del juicio de una manera *distributiva*, de modo que el movimiento no tenga que ser atribuido a uno o a otro de los dos cuerpos, sino, por el contrario, igualmente a ambos. Esta distinción de las determinaciones *alternativa, disyuntiva* y *distributiva* de un concepto con relación a predicados contrarios tiene su importancia, pero no puede explicarse aquí más extensamente.

nómeno, en cuyo lugar puede colocarse el movimiento opuesto de este espacio (del cielo) al mismo tiempo como completamente equivalente al primer movimiento. Pero, según este teorema, el último movimiento no puede colocarse nunca en la experiencia en lugar del primero; por eso, la rotación circular en cuestión no debe representarse como relativa exteriormente, lo cual parece indicar que este tipo de movimiento tendría que suponerse como absoluto.

No obstante, es necesario anotar aquí que se trata del *movimiento verdadero* (real), el cual, empero, no *aparece* como tal; y si por consiguiente se lo quisiera juzgar solamente según sus relaciones empíricas en el espacio, entonces él podría considerarse como en *reposo*; o sea, se trata del *movimiento verdadero,* a diferencia del *aparente,* pero no del movimiento absoluto en oposición al relativo. De este modo el movimiento circular, si bien no muestra un cambio de lugar en el fenómeno, es decir un cambio foronómico de la relación del cuerpo en movimiento con el *espacio* (empírico), señala, sin embargo, un cambio dinámico continuo de la relación de la materia *con su espacio* demostrable por la experiencia. Por ejemplo, se muestra como un efecto del movimiento circular, una disminución constante de la atracción por una tendencia a escapar, y por ello el movimiento circular indica de manera segura su diferencia de la apariencia. Se puede, por ejemplo, representar la tierra en el espacio vacío infinito en rotación alrededor de su eje y evidenciar también este movimiento por medio de la experiencia, pese a que ni la relación de las partes de la tierra entre sí, ni su relación con el espacio externo, se cambia foronómicamente, esto es, en el fenómeno, pues nada cambia su posición sobre y en la tierra con respecto al primero como espacio empírico. En lo concerniente al segundo espacio, que es completamente vacío, no puede tener lugar una relación externa alterada, y por ende, tampoco ningún fenómeno de un movimiento. Sin embargo, si me represento una cavidad profunda que se extienda hasta el centro de la tierra y dejo caer en ella una piedra, pero

encuentro que, aunque en toda distancia del centro la gravedad siempre se dirige hacia este punto, la piedra se desvía continuamente en su caída de la dirección vertical y, en realidad, de oeste a este; entonces concluyo que la tierra ha girado alrededor de su eje de la noche a la mañana. O si alejo además la piedra de la superficie de la tierra y ella no permanece sobre el mismo punto de la superficie, sino que se aleja del mismo de oeste a este, entonces obtendré la misma conclusión de la rotación de la tierra alrededor de su eje. Estas dos percepciones serán suficientes para probar la realidad de este movimiento, pero no basta el cambio de la relación de la tierra en el espacio externo (el cielo estrellado) porque este cambio es simple fenómeno, el cual puede provenir de dos motivos de hecho opuestos, y no de una explicación derivada del principio de explicación de todos los fenómenos de este cambio, es decir, de la experiencia. Pero este movimiento, a pesar de no ser ningún cambio de relación con el espacio empírico, no es, empero, un movimiento absoluto, sino un cambio continuo de relaciones de las materias entre sí, representadas, no obstante, en el espacio absoluto, y por ello es realmente un movimiento relativo e incluso, por esta razón, solamente un movimiento verdadero. Este hecho descansa en la representación del *alejamiento* recíproco y continuo de cada parte de la tierra (por fuera del eje) de toda otra parte que se encuentre a una distancia igual del centro del círculo en la línea de este diámetro que pasa a través de estas partes. En efecto, este movimiento es real en el espacio absoluto, en tanto así la distancia del alejamiento pensado, cuya gravedad por sí sola atraería al cuerpo sin una causa dinámica repulsiva (como puede verse en el ejemplo escogido por Newton, *Prin. Phil. N.*, p. 10, Ed. 1714)[3], es reemplazada continuamente por un mo-

[3] Lo que él dice es lo siguiente: «Motus quidem veros corporum singulorum cognoscere et ab apparentibus actu discriminare difficillimum est: propterea, quod partes spatii illius immobilis, in quo corpora vere moventur, non incurrunt in sensus. Causa

vimiento real referido al espacio contenido dentro de la materia movida (a saber, al centro de su materia), pero no con el espacio externo.

En lo concerniente al *tercer teorema,* con el fin de mostrar la verdad del movimiento recíprocamente opuesto e igual de ambos cuerpos y sin referencia al espacio empírico, no es necesario recurrir a la influencia de la dinámica activa (de la gravedad o de un hilo tensionado) proporcionada por la experiencia, lo cual era necesario en el segundo caso. Por el contrario, la simple posibilidad dinámica de dicha influencia, como propiedad de la materia (repulsión o atracción), acarrea consigo, en cuanto al movimiento de una materia, el movimiento igual y opuesto de la otra al mismo tiempo, a partir de simples conceptos de un movimiento relativo, cuando se lo considera en el espacio absoluto, es decir, conforme a la verdad. Por esta razón el teorema en cuestión es, como todo lo que es suficientemente demostrable por simples conceptos, una ley de un contramovimiento absolutamente necesaria.

No hay tampoco entonces un movimiento absoluto si se piensa igualmente un cuerpo como movido en el espacio vacío con respecto a otro cuerpo. El movimiento de ambos cuerpos no se piensa aquí relativamente al espacio que lo encierra, sino al espacio entre ellos, el cual determina tan sólo su relación externa recíproca cuando se considera este espacio como absoluto. Este movimiento es, por tanto, de nuevo solamente relativo. Un movimiento

---

tamen non est prorsus desperata» *. Luego hace girar en el espacio vacío alrededor de su centro común de gravedad, dos bolas unidas por un hilo y muestra, cómo se puede encontrar, no obstante, por experiencia, la realidad de su movimiento conjuntamente con su dirección. Yo he intentado mostrarlo también con respecto a la tierra como movida en torno a su eje bajo circunstancias ligeramente diferentes.

---

* «Es realmente un asunto de gran dificultad descubrir y llegar a distinguir los movimientos verdaderos de los cuerpos particulares, de los aparentes; porque las partes de aquel espacio inmóvil, en el que se mueven verdaderamente los cuerpos, en manera alguna llegan a estar bajo la observación de los sentidos. Sin embargo, no es una causa desesperada.» *(N. del T.)*

absoluto sólo sería entonces aquel que corresponde a un cuerpo sin relación con alguna otra materia. Dicho movimiento sería únicamente el movimiento rectilíneo del *todo del universo,* es decir, del sistema de toda materia, pues si por fuera de una materia existiera aún otra materia asimismo separada de la primera por el espacio vacío, el movimiento sería ciertamente relativo. Por esta razón, toda demostración de una ley del movimiento, cuya finalidad es afirmar que lo contrario de esta ley tendría como consecuencia un movimiento rectilíneo del sistema total del universo, es una prueba apodíctica de la verdad de dicha ley, simplemente porque el movimiento absoluto se seguiría de lo opuesto a ella, lo que es completamente imposible. Una ley de esta clase es la del *antagonismo* en toda comunidad de la materia por el movimiento. Pues toda digresión de esta ley colocaría en otro lugar el centro común de gravedad de toda la materia y, por tanto, el universo entero, lo que no sucedería si se quisiera representar el universo en su rotación en torno a su eje, cuyo movimiento es siempre posible de pensar, aun cuando suponerlo realmente hasta donde se pueda concebir sería completamente sin beneficios comprensibles.

Los diferentes conceptos de *espacio vacío* tienen también su relación con los diferentes conceptos de movimiento y fuerzas motrices. Desde el punto de vista *foronómico,* el espacio vacío, llamado también espacio absoluto, no debería, a decir verdad, denominarse espacio vacío. El es, en efecto, sólo la idea de un espacio en el que hago abstracción de toda materia particular que lo hace objeto de la experiencia, con el fin de pensar en dicho espacio el espacio material o todo espacio empírico aún como movible y, en consecuencia, para pensar el movimiento no simplemente de manera unilateral como un predicado absoluto, sino siempre recíprocamente como predicado puramente relativo. Este espacio no es entonces nada que pertenezca a la existencia de las cosas, sino sólo a la determinación de los conceptos, y por ello no *existe* ningún espacio vacío. Desde el punto de vista

dinámico, el espacio vacío es aquel que no es lleno, esto es, en el que nada de lo movible resiste a la penetración de otro movible, en donde no actúa, por tanto, ninguna fuerza repulsiva. Y dicho espacio puede ser el espacio vacío en el mundo (*vacuum mundanum*) o bien, si este mundo es representado como limitado, el espacio vacío *fuera* del mundo (*vacuum extra mundanum*). El primero puede representarse también como disperso (*vacuum disseminatum,* el cual sólo constituye una parte del volumen de la materia) o, como espacio vacío acumulado (*vacuum coacervatum,* que separa los cuerpos unos de otros, por ejemplo los cuerpos celestes). Pero esta distinción, que estriba solamente en la diferencia de los lugares, atribuida al vacío en el mundo, no es justamente esencial. Se la utiliza, sin embargo, para fines diferentes: en primer término, con el fin de derivar la diferencia específica de la densidad; en segundo término, para derivar la posibilidad en el universo de un movimiento *libre* de toda resistencia externa. Se ha mostrado ya en la Observación general de la Dinámica que no es *necesario* suponer el espacio vacío para el *primer propósito*; pero que éste sea *imposible* es precisamente lo que no se puede probar a partir de su mero concepto según el principio de contradicción. Sin embargo, aunque no pudiera encontrarse aquí una razón simplemente lógica para objetarlo, podría empero haber allí una razón física general para excluirlo de la ciencia de la naturaleza, a saber, la de la posibilidad de la composición de una materia en general, sólo en el caso de querer comprender mejor dicha composición. Porque si la *atracción,* supuesta para la explicación de la cohesión de la materia, fuera solamente aparente, no verdadera atracción, ella sería simplemente la acción de una comprensión por medio de una materia externa (el éter) expandida por todas partes en el espacio cósmico. Esta materia externa es a sí misma llevada a ejercer dicha presión solamente mediante una atracción universal y originaria, a saber, la gravitación. Esta opinión tiene en sí sus razones, y con ellas sería imposible el espacio vacío en el interior de las materias, aun cuando

no lógicamente, sí dinámicamente y, por tanto, físicamente imposible, porque toda materia se expandería a sí misma en los espacios vacíos supuestos dentro de ella (puesto que nada resiste aquí su fuerza expansiva) y los conservaría siempre llenos. Un espacio vacío *fuera del mundo,* si se entiende por «mundo» el conjunto de todas las materias atractivas por excelencia (los grandes cuerpos celestes), sería imposible por las mismas razones, porque a medida que se incrementa su alejamiento de estos cuerpos, la fuerza atractiva sobre el éter (el cual encierra todos estos cuerpos, e impelido por esta fuerza atractiva, los conserva por compresión en su densidad), decrece en proporción inversa. El éter mismo decrecería entonces infinitamente en densidad, pero no dejaría el espacio completamente vacío en ninguna parte. Nadie se extrañará de que en esta eliminación del vacío se proceda por completo hipotéticamente; la afirmación de que existe el espacio vacío no corre mejor suerte. Aquellos que se atreven a decidir dogmáticamente sobre esta cuestión litigiosa, bien sea que lo hagan afirmativa o negativamente, se apoyan por último en simples supuestos metafísicos, como puede verse por la Dinámica; pero era por lo menos necesario mostrar aquí que ellos no pueden de ninguna manera resolver esta tarea. En tercer lugar, en lo concerniente al espacio vacío, según el punto de vista *mecánico,* dicho espacio es el vacío acumulado dentro del universo con el fin de procurar el movimiento libre a los cuerpos celestes. Es fácil ver que la posibilidad de este vacío no se funda en principios metafísicos, sino en los secretos de la naturaleza difícilmente revelados, a saber, de qué modo la materia pone límites a su propia fuerza expansiva. Sin embargo, si se admite lo que se ha dicho en la Observación general de la Dinámica acerca de la posible gran expansión hasta el infinito de materias específicamente diferentes con la misma cantidad de materia (de acuerdo con su peso), no sería necesario, sin duda, suponer un espacio vacío a causa del movimiento libre y perdurable de los cuerpos celestes, porque la resistencia,

incluso en los espacios completamente llenos, puede ser pensada en este caso tan pequeña como se quiera.

Así termina la doctrina metafísica corpórea con el vacío y, por ello, con lo incomprensible; en donde esta doctrina corre el mismo destino que todas las otras tentativas de la razón, cuando al remontarse a los principios aspira a los principios primeros de las cosas. La naturaleza de la razón es tal, en efecto, que nunca puede comprender nada que no sea determinado por ciertas condiciones dadas. Por consiguiente, ni puede permanecer en lo condicionado, ni hacer aprehensible lo incondicionado, y si el deseo de saber le exhorta a buscar la totalidad absoluta de todas las condiciones, no le queda más que retornar de los objetos hacia ella misma para descubrir y determinar, en lugar de los últimos límites de las cosas, el último límite de su propia capacidad abandonada a sí misma.

Indice